

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE**  
**PRODUÇÃO - ÁREA DE CONCENTRAÇÃO**  
**EM ERGONOMIA**

**JOVANI ANTÔNIO STEFFANI**

**COMPARAÇÃO DAS TÉCNICAS DE MEDIÇÃO E ANÁLISE DE**  
**INCERTEZAS DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO DOS USUÁRIOS DE FONE**  
**DE OUVIDO**

**Tese de Doutorado**

**FLORIANÓPOLIS - SC**

**2005**

**JOVANI ANTÔNIO STEFFANI**

**COMPARAÇÃO DAS TÉCNICAS DE MEDIÇÃO E ANÁLISE DE  
INCERTEZA DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO DOS USUÁRIOS DE FONE  
DE OUVIDO**

**Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia de Produção, área de Concentração  
em Ergonomia da Universidade Federal de Santa  
Catarina como requisito parcial à obtenção do grau  
de Doutor em Ergonomia**

**Orientador: Prof. Samir Nagi Yousri Gerges, PhD.  
Co-Orientador: Erasmo Felipe Vergara Miranda, Dr. Eng.**

**FLORIANÓPOLIS - SC**

**2005**

**JOVANI ANTÔNIO STEFFANI**

**COMPARAÇÃO DAS TÉCNICAS DE MEDIÇÃO E ANÁLISE DE INCERTEZA DA  
EXPOSIÇÃO AO RUÍDO DOS USUÁRIOS DE FONE DE OUVIDO**

Esta tese foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de **Doutor em Engenharia de  
Produção** no **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Área de  
Concentração em Ergonomia**, da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, Novembro de 2005

---

Prof. Edson Pacheco Paladini, Ph.D.

Coordenador do Programa

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Erasmo Felipe Vergara Miranda, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Co-Orientador

---

Prof. Samir Nagi Yousri Gerges, Ph.D.  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Orientador

---

Prof<sup>a</sup>. Leila Amaral Gontijo, Dr<sup>a</sup>.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof<sup>a</sup>. Ana Regina Aguiar Dutra, Dr<sup>a</sup>.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Michael Vorläender, Dr.  
RWTH Aachen University  
Aachen Alemanha

## *Dedicatória*

*Dedico todas as prerrogativas e tudo o mais que esse Título possa representar, a um Homem que quanto mais se tem o prazer de conhecer, mais se tem a admirar. Homem reto, de solidez incontestável de caráter, que, além do notório e consagrado saber, que dispensa quaisquer encômios, demonstrou e me ofereceu ao longo do percurso, a sensibilidade e o apoio que fizeram a diferença na superação das grandes dificuldades as quais me deparei.. Ao senhor, Prof. Dr. Samir N. Y. Gerges, meu orientador e meu amigo, obrigado pela oportunidade, pela confiança e por ter acreditado e dedicado a mim esses anos todos de orientação. E ao Dr. Felipe Vergara, meu co-orientador, a quem devo muito por este trabalho, pela compreensão e incansável dedicação na minha orientação.*

## *Agradecimentos*

*Mais uma vez, me vejo obrigado a verter em palavras alguns sentimentos tão sublimes, que minha limitação literária seguramente me furtará de expressá-los com a veracidade devida, mas, ainda assim o faço, porque estou seguro de que, aos que falo, sabem que é com o coração que autentico os predicados que escrevo.*

*A defesa desta Tese significa para mim uma superação de limites, que me brinda com a realização pessoal, porque é fruto de muito esforço, sofrimento, doação pessoal e perseverança, porque com frio ou calor, chuva ou sol, dia ou noite, quase que semanalmente tive que deixar meu filho, minha família, meus amigos, minha noiva, e o conforto do meu lar para pegar a estrada, na grande maioria das vezes sozinho e muito cansado, e atravessar o estado de SC para poder cursar o doutorado. Tantas e tantas vezes me perguntei se o que eu estava fazendo valia a pena e, às vezes abatido, pensava que não, mas ainda assim o desistir era algo inadmissível. Por isso hoje não hesito em afirmar que tive a mão do Criador a me impelir e sua luz a me iluminar, por isso é a ele que agradeço primeiramente.*

*Agradeço a meus pais, a quem um dia julguei por terem cerceado minha infância e adolescência com muito trabalho, mas hoje reconheço e entendo isso como a melhor educação e herança que eu pude receber, pois, a responsabilidade e o trabalho em tão tenra idade, me tornaram um destemido batalhador e um profissional sério e obstinado a empreender em tudo o que faz, desde as tarefas mais simples às mais complexas, muita dedicação e boa vontade.*

*Agradeço aos meus familiares, por todo o amor, o carinho, o afeto, o incentivo, a força, o apoio e tudo o mais que sempre recebo de todos vocês. Obrigado, muito obrigado! Vocês são minha razão de ser.*

*Aos meus irmãos Valdecir (Mosquito) e Lenice, e à minha amada Sibi, que embora fatalmente já idosos, me deixaram muitos exemplos de honestidade e de amor ao próximo, e me são uma fonte de luz e de esperança.*

*Ao meu filho, desde já tão companheiro e bom amigo, quero agradecer pela felicidade que me proporciona a cada gesto, e desejar um dia podermos estar mais próximos geograficamente, mas enquanto isso, por mais penoso que seja, te encontrar sempre vale a pena filho; e apesar de interporem todo momento obstáculos à nossa relação, que Deus nos mantenha sempre dispostos a superar todos, fortalecendo nosso amor de pai e filho.*

*A minha Noiva Juliana, por dividir minhas aflições e angústias, e que além de meus agradecimentos pelas constantes demonstrações de amor, de carinho e dedicação à minha pessoa devo um pedido formal de desculpas pelos momentos de ira e estresse, nos quais sempre foi muito compreensiva. Meu amor, você fez a diferença na minha vida. Te amo.*

*Ao meu amigo Dr. Nilceu Ângelo Pelinson, que me ajudou a superar as maiores inseguranças que já vivi até então, e sempre como amigo ou como profissional empenhou seus préstimos na resolução dos meus problemas.*

*A Empresa na qual realizei o estudo, a qual até o momento não apresentou consentimento para divulgação de seu nome, bem como de seus responsáveis que muito gentilmente me auxiliaram no processo de coleta de dados.*

*A UNOESC que é a Instituição que me apoiou financeiramente na conquista desta realização, e a quem desejo retribuir o investimento. Agora com os novos conhecimentos que adquiri, com garra e competência desejo lutar pela excelência nos serviços que prestamos à comunidade. Quero agradecer em especial ao Prof. Aristides Cimadon, hoje nosso magnífico Reitor, mas outrora nosso Vice-Reitor de Administração, que com sua sensibilidade e idoneidade administrativa compreendeu a situação e sempre me concedeu os auxílios necessários.*

*Ao Gustavo Tabuthi pela boa vontade e apoio técnico nas operações, medições e tratamento dos dados.*

*Ao meu amigo Marcos Aurélio Pedroso, doutorando da Metrologia, pelo seu incondicional apoio e por sua boa vontade em me auxiliar na execução deste trabalho.*

*A todos os meus colegas de trabalho, professores e professoras, e às meninas da secretaria da ACBS, os quais me furto a descrição por nomes para evitar desmedida redação e por julgar desnecessário, por estar certo de sentirem que os quero abraçar o coração.*

*As Professoras Dr<sup>a</sup>. Leila Amaral Gontijo e Dr<sup>a</sup>. Ana Regina Aguiar Dutra, pelas orientações e pela participação na banca de qualificação deste trabalho, cuja sugestões foram muito importantes.*

*A todos os meus professores, desde meu pré-escolar até os meus professores da graduação e das minhas pós-graduações. Vocês todos, pessoas inesquecíveis que por tantas vezes eu decepcionei, e que sempre se preocuparam com minha formação, quero deixar registrado aqui meu carinho e minha eterna gratidão, oferecendo-vos esta, que no momento é uma das minhas mais altas conquistas, da qual vocês fizeram parte.*

*Aos meus queridos alunos e aos meus pacientes, que são os instigadores deste feito e a quem desejo, aos primeiros corresponder na busca e construção do seu conhecimento, e aos demais lutar para a plena recuperação de sua saúde e/ou pelo alívio de seu sofrimento, fazendo-vos acreditar nos desígnios humanos.*

*E a todas as pessoas com quem cresci, convivi, compartilhei, aprendi, sofri, chorei, me decepcionei, sorri, amei, me espelhei, me fortaleci, me diverti, Aqui lembro de todos os que me cercaram durante meus 31 anos de idade, pessoas que certamente contribuíram na consolidação do meu caráter e no aprimoramento do meu espírito.*

*A todos meu muito obrigado e o meu abraço.*

*“Conheça a si mesmo e conhecerá o seu próprio destino;  
E se não estiveres conforme com o seu destino,  
Então chegou a hora de mudar a si mesmo,  
Porque esta é a única e verdadeira maneira de fazer o uso  
da liberdade de escolha...”*

*(adaptado por N.P.).*

*Pensando bem....*

*A coisa mais injusta sobre a vida é a maneira como ela termina.  
Eu acho que o verdadeiro ciclo da vida está todo de trás para frente.  
Nós deveríamos morrer primeiro, nos livrar logo disso. Daí viver num asilo, até  
ser chutado para fora de lá por estar muito novo. Ganhar um relógio de ouro e ir  
trabalhar. Então trabalhamos 40 anos até ficar jovem o bastante para poder  
aproveitar a nossa aposentadoria. Aí curtimos tudo, fazemos festas e nos  
preparamos para a faculdade. Vamos para o colégio, temos várias namoradas,  
viramos criança, não temos nenhuma responsabilidade, nos tornamos um  
bebezinho de colo, voltamos para o útero da mãe, passamos nossos últimos nove  
meses flutuando... E terminamos tudo com um ótimo orgasmo!!! Não seria  
perfeito?  
(Charles Chaplin)*



## **Resumo**

O avanço técnico-científico, hodiernamente globalizado, provoca a renovação, a transformação e o surgimento de novos meios e métodos de industrialização e comercialização de produtos, como é o caso por exemplo das empresas de telemarketing, que têm despontado nos últimos tempos como uma nova forma de abordar clientes oferecendo os mais variados produtos e serviços. A Associação Brasileira de Telemarketing estima que o volume de transações apoiadas por estes serviços envolva R\$ 67,4 bilhões anualmente (6,3% do PIB), empregando mais de 500 mil pessoas em nosso país atualmente. Porém um velho problema acompanha esta nova categoria profissional, o ruído, que pelas características como atinge o sistema auditivo do teleoperador apresenta um novo problema, quanto à metodologia para a sua medição, uma vez que os métodos tradicionais de medição não são adequados para a medição do ruído cuja fonte é suportada diretamente sobre o sistema auditivo através do uso de fones. Devido a este fato buscou-se na literatura internacional 2 metodologias para esse tipo de medição, denominadas de “técnica com microfone em ouvido real” e “técnica com manequim”. Na primeira coloca-se um minimicrofone próximo ao meato acústico externo do operador de telemarketing para realizar as medições, e na segunda utiliza-se um manequim equipado com um simulador de ouvido para medir o ruído. Ao aplicar-se as duas técnicas em medições reais e comparar os resultados oferecidos por elas, observou-se que os resultados das medições demonstraram-se muito semelhantes entre si, denotando a aplicabilidade das duas técnicas.

**Palavras-chave:** *telemarketing, ruído, fone de ouvido.*

## **Abstract**

The technical-scientific advance nowadays globalized, leads to a renewal transformation and the appearance of new means and industrialization methods and products commercialization. As an example, there are the telemarketing companies which lately have emerged as a new way to approach clients providing a variety of products and services. The Brazilian Telemarketing Association esteems that transaction involving this service is about \$26,8 billions a year (6.3% PIB) employing more than 500 people in Brazil a year. Besides all that, an old problem exists in this professional category, is the noise which damages the workers hearing system, presenting a new issue regarding to the methodologies of mediation. It occurs because the traditional methods are not appropriate to measure the noise which the source is directly supported by the hearing system through the use of phones. Due to this fact, it was searched on international literature two methodologies; one called MIRE technique-microphone in real ear and the other is the manikin technique. In the first technique, a mini microphone is put next to the worker external ear canal to make the mediations; in the second technique a manikin equipped with an ear simulator is used to measure the noise. Applying both techniques in real mediations and comparing the results provided, it was observed that the results have demonstrated similarities among them, indicating the applicability of both techniques.

**Key-words:** *telemarketing, noise, head set.*

## Sumário

Folha de Rosto .....	i
Folha de Aprovação .....	ii
Dedicatória .....	iii
Agradecimentos .....	iv
Epígrafe .....	vi
Resumo .....	viii
Abstract .....	ix
Lista de Figuras .....	xi
Lista de Gráficos .....	xiii
Lista de Quadros e Tabelas.....	xvii
Lista de Termos Definições e Abreviações.....	xviii
1. INTRODUÇÃO.....	21
2. REVISÃO DA LITERATURA .....	28
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	47
3.1 Local do Estudo .....	47
3.2 População .....	47
3.3 Aspectos Éticos .....	48
3.4 Material e Método .....	49
3.4.1 Etapa I .....	49
3.4.2 Etapa II .....	53
3.4.2.1 Técnica usando Minimicrofone em Ouvido Real – ISO/DIS 11904-1.....	53
3.4.2.2 Técnica usando Manequim de acordo com a ISO/DIS 11904-2....	55
4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DAS MEDIÇÕES LABORATORIAIS .....	60
5. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS CAMPO REAL .....	66
5.1 Introdução .....	66
5.2 Características do Processo de Medição .....	67
5.3 Resultados das Medições do Setor Receptivo Turno 1 .....	69
5.4 Resultados das Medições do Setor Receptivo Turno 2 .....	82
5.5 Resultados das Medições do Setor Ativo Turno 1 .....	95
5.6 Resultados das Medições do Setor Ativo Turno 2 .....	108
5.7 Discussão do Capítulo .....	121
6. ANÁLISE DE INCERTEZAS DAS MEDIÇÕES .....	129
7. CONCLUSÃO .....	146
8. BIBLIOGRAFIA .....	149
ANEXO 1	
Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa .....	153
ANEXO 2	
Figuras Complementares .....	155
ANEXO 3	
Resultados na íntegra das Medições dos Setores Envolvidos no Estudo.....	159
ANEXO 4	
Curva de Resposta em Campo Difuso para a Cabeça Utilizada no Estudo ....	191
ANEXO 5	
Curva de Resposta em Campo Difuso para a Cabeça Utilizada no Estudo ....	193

## **ANEXO 6**

**Fichas técnicas e documentos dos aparelhos utilizados nas medições e a partir dos quais obteve-se dados para a análise de incerteza das medições..... 228**

## Lista de figuras

<b>Figura 1: Minimicrofone em canal auditivo aberto .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 2: Minimicrofone em canal auditivo bloqueado .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 3: Minimicrofone com sonda flexível no canal auditivo .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 4: Manequim equipado com o Simulador de Ouvido Brüel &amp; Kjaer.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 5: Manequim equipado com o molde de orelha externa tamanho adulto.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 6: Lay Out do sistema de medição laboratorial.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 7: Medições na câmara semi-anecóica.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 8: Colocação do microfone no canal auditivo externo.....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 9: Esquema do sistema de equipamentos para as medições de acordo com a ISO/DIS 11904-1 e 11904-2.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 10: Sistema de medição <i>in loco</i>.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 11: Disposição do manequim para as medições nos postos de trabalho.....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 12: Comparativo de linearidade entre escala linear e decibel.....</b>	<b>132</b>
<b>Figura 13: Comparativo de linearidade entre escala linear e decibel.....</b>	<b>132</b>
<b>Figura 14: Demonstrativo do somatório de incertezas em decibel.....</b>	<b>133</b>
<b>Figura 15: Diagrama de causa e efeito resumindo as possíveis fontes de incerteza da aplicação das técnicas.....</b>	<b>138</b>

## Lista de Gráficos

Gráfico 1- Níveis de pressão sonora em dB(A) do ruído de fundo da câmara semi-anecóica .....	61
Gráfico 2- Resultados das medições através da técnica em ouvido real x técnica em manequim – com headset plantronics no volume mínimo.....	62
Gráfico 3- Resultados das medições através da técnica em ouvido real x técnica em manequim – com headset plantronics no volume médio.....	63
Gráfico 4- Resultados das medições através da técnica em ouvido real x técnica em manequim – com headset plantronics no volume máximo.....	64
Gráfico 5 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo A – turno 1 receptivo.....	69
Gráfico 6 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo A – turno 1 receptivo.....	70
Gráfico 7 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo B – turno 1 receptivo.....	71
Gráfico 8 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo B – turno 1 receptivo.....	72
Gráfico 9 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo C – turno 1 receptivo.....	73
Gráfico 10 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo C – turno 1 receptivo.....	73
Gráfico 11 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo D – turno 1 receptivo.....	74
Gráfico 12 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo D – turno 1 receptivo.....	75
Gráfico 13 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo E – turno 1 receptivo.....	76
Gráfico 14 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo E – turno 1 receptivo.....	76
Gráfico 15 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo F – turno 1 receptivo.....	77
Gráfico 16 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo F – turno 1 receptivo.....	78
Gráfico 17 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo G – turno 1 receptivo.....	79
Gráfico 18 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo G – turno 1 receptivo.....	80
Gráfico 19 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo H – turno 1 receptivo.....	81
Gráfico 20 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo H – turno 1 receptivo.....	81
Gráfico 21 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo A – turno 2 receptivo.....	83
Gráfico 22 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo A – turno 2 receptivo.....	84
Gráfico 23 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo B – turno 2 receptivo.....	85

Gráfico 24 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo B – turno 2 receptivo.....	85
Gráfico 25 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo C – turno 2 receptivo.....	86
Gráfico 26 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo C – turno 2 receptivo.....	87
Gráfico 27 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo D – turno 2 receptivo.....	88
Gráfico 28 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo D – turno 2 receptivo.....	88
Gráfico 29 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo E – turno 2 receptivo.....	89
Gráfico 30 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo E – turno 2 receptivo.....	90
Gráfico 31 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo F – turno 2 receptivo.....	91
Gráfico 32 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo F – turno 2 receptivo.....	91
Gráfico 33 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo G – turno 2 receptivo.....	92
Gráfico 34 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo G – turno 2 receptivo.....	93
Gráfico 35 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo H – turno 2 receptivo.....	94
Gráfico 36 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo H – turno 2 receptivo.....	94
Gráfico 37 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo A – turno 1 ativo.....	96
Gráfico 38 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo A – turno 1 ativo.....	97
Gráfico 39 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo B – turno 1 ativo.....	98
Gráfico 40 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo B – turno 1 ativo.....	98
Gráfico 41 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo C – turno 1 ativo.....	99
Gráfico 42 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo C – turno 1 ativo.....	100
Gráfico 43 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo D – turno 1 ativo.....	101
Gráfico 44 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo D – turno 1 ativo.....	101
Gráfico 45 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo E – turno 1 ativo.....	102
Gráfico 46 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo E – turno 1 ativo.....	103
Gráfico 47 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo F – turno 1 ativo.....	104

Gráfico 48 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo F – turno 1 ativo.....	104
Gráfico 49 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo G – turno 1 ativo.....	105
Gráfico 50 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo G – turno 1 ativo.....	106
Gráfico 51 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo H – turno 1 ativo.....	107
Gráfico 52 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo H – turno 1 ativo.....	107
Gráfico 53 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo A – turno 2 ativo.....	109
Gráfico 54 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo A – turno 2 ativo.....	109
Gráfico 55 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo B – turno 2 ativo.....	110
Gráfico 56 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo B – turno 2 ativo.....	111
Gráfico 57 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo C – turno 2 ativo.....	112
Gráfico 58 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo C – turno 2 ativo.....	112
Gráfico 59 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo D – turno 2 ativo.....	113
Gráfico 60 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo D – turno 2 ativo.....	114
Gráfico 61 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo E – turno 2 ativo.....	115
Gráfico 62 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo E – turno 2 ativo.....	115
Gráfico 63 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo F – turno 2 ativo.....	116
Gráfico 64 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo F – turno 2 ativo.....	117
Gráfico 65 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo G – turno 2 ativo.....	118
Gráfico 66 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo G – turno 2 ativo.....	118
Gráfico 67 – Resultado das medições através da técnica com minimicrofone em ouvido real x técnica com manequim – Indivíduo H – turno 2 ativo.....	119
Gráfico 68 – Nível contínuo equivalente em NPS-dB(A), para as 5 medições consecutivas do Indivíduo H – turno 2 ativo.....	120
Gráfico 69 – Resultados de uma medição junto a um operador do setor receptivo – turno 1.....	123
Gráfico 70 – Resultados de uma medição junto a um operador do setor receptivo – turno 2.....	124
Gráfico 71 – Resultados de uma medição junto a um operador do setor ativo – turno 1.....	124



<b>Gráfico 72 – Resultados de uma medição junto a um operador do setor ativo – turno 2.....</b>	<b>125</b>
<b>Gráfico 73 – Médias e desvios padrões dos valores de níveis de pressão sonora. Medições feitas em 16 pessoas: primeira parte.....</b>	<b>140</b>
<b>Gráfico 74 – Médias e desvios padrões dos valores de níveis de pressão sonora. Medições feitas em 16 pessoas: segunda parte.....</b>	<b>141</b>

## Lista de quadros e tabelas

<b>Quadro 1. Tabela para correção dos níveis de pressão sonora para obtenção da resposta em frequência de campo livre na técnica utilizando manequim (<math>DL_{FF,f}</math>).....</b>	<b>41</b>
<b>Quadro 2. Tabela para correção dos níveis de pressão sonora para obtenção da resposta em frequência de campo difuso na técnica utilizando manequim (<math>DL_{DF,f}</math>)..</b>	<b>42</b>
<b>Quadro 3. Resposta em Frequência de Campo Livre ou Difuso para Posições Seleccionadas de Medição no Canal Auditivo.....</b>	<b>43</b>
<b>Quadro 4. Informações Mínimas que um Relatório de Teste deve Conter, segundo a Norma ISO/DIS 11904, para cada uma das Técnicas.....</b>	<b>44</b>
<b>Quadro 5. Limites do NPS – Portaria 3214/1978.....</b>	<b>121</b>
<b>Quadro 6 – Visão geral das fontes de erro típicas e de seu impacto em várias situações.....</b>	<b>135</b>
<b>Tabela 1. Média linear das diferenças entre cinco medições realizadas para cada um dos indivíduos da amostra.....</b>	<b>126</b>
<b>Tabela 2. Balanço de incertezas segundo norma ISO 11904-1 para técnica de medição em ouvido real.....</b>	<b>137</b>
<b>Tabela 3. Valores de níveis de pressão sonora e seus desvios padrão para ambas as técnicas de medição.....</b>	<b>142</b>
<b>Tabela 4. Balanço de incertezas do sistema de medição utilizado para técnica em ouvido real.....</b>	<b>145</b>

## **Lista de termos, definições e abreviações**

Para os propósitos do presente trabalho, serão adotados os termos e definições, bem como as formas abreviadas de representá-los graficamente, propostos pela própria norma ISO/DIS 11904, partes 1 e 2, apresentados a seguir.

### Posição de Teste no Canal Auditivo

É a posição correta de colocação do minimicrofone no ouvido real, do indivíduo que se submeterá aos testes.

### Nível de Pressão Sonora (NPS) no Canal Auditivo - $L_{ear}$

É o nível de pressão sonora contínuo equivalente, medido na posição de teste no canal auditivo.

Quando for medido o NPS equivalente com o ruído sob teste, a denominação será assim apresentada -  $L_{ear, exp}$ .

Quando o NPS equivalente for medido com ruído controlado em campo livre ou em campo difuso, a denominação será assim representada -  $L_{ear, FF}$  e  $L_{ear, DF}$ , respectivamente. E quando os níveis de pressão sonora forem medidos em bandas de frequência de terço de oitava será representado da forma descrita anteriormente adicionando-se o símbolo  $f$ . Exemplos:

- $L_{ear, exp, f}$  – NPS equivalente, medido na posição de teste no ouvido com o ruído sob teste em bandas de terço de oitava.
- $L_{ear, FF, f}$  – NPS equivalente, medido na posição de teste no ouvido com ruído controlado em campo livre em bandas de terço de oitava.
- $L_{ear, DF, f}$  – NPS equivalente, medido na posição de teste no ouvido com ruído controlado em campo difuso em bandas de terço de oitava.

### Resposta em Frequência de Campo Livre - $\Delta L_{FF, f}$

É a diferença entre o NPS medido na posição de teste no ouvido em bandas de terço de oitava, com o indivíduo exposto frontalmente à incidência da onda sonora; NPS do mesmo ruído com o indivíduo ausente.

#### Resposta em Frequência de Campo Difuso - $\Delta L_{DF,f}$

É a diferença entre o nível de pressão sonora medido na posição de teste no ouvido em bandas de terço de oitava, com o indivíduo exposto ao ruído em campo difuso e o nível de pressão sonora do mesmo ruído com o indivíduo ausente.

#### Nível de Pressão Sonora Relacionado ao Campo Livre – $L_{FF}$

É o NPS medido na posição de teste no ouvido, obtido com o indivíduo exposto frontalmente à incidência do plano da onda sonora, que por sua vez, será assim representado graficamente –  $L_{FF}$ .

#### Nível de Pressão Sonora Relacionado ao Campo Difuso – $L_{DF}$

É o NPS medido na posição de teste no ouvido, obtido com o indivíduo exposto a uma fonte sonora em campo difuso, que por sua vez, será assim representado graficamente –  $L_{DF}$ .

Nota: quando os níveis de pressão sonora (NPS) medidos em decibel (dB) em campo livre ou em campo difuso, e forem corrigidos para NPS dB(A) (nível de audição), serão respectivamente assim representados -  $L_{FF, Aeq}$ , para o campo livre e  $L_{DF, Aeq}$  para o campo difuso.

#### Canal Auditivo Aberto

Esta expressão será utilizada quando forem colocados objetos estranhos, como no caso deste estudo - o minimicrofone, no canal auditivo externo, ocupando menos de 5 mm<sup>2</sup> da área de secção transversal em qualquer ponto ao longo do canal.

#### Canal Auditivo Parcialmente Bloqueado

Esta expressão será utilizada quando forem colocados objetos estranhos no canal auditivo externo, ocupando mais de 5 mm<sup>2</sup> da área de secção transversal em qualquer ponto ao longo do canal.

#### Canal Auditivo Bloqueado

Expressão que será utilizada quando forem colocados objetos estranhos no canal auditivo externo, ocupando a área total de secção transversal em qualquer ponto ao longo do canal.

#### Nível de Pressão Sonora no Manequim - $L_M$

É o nível de pressão sonora medido pelo microfone do simulador de ouvido acoplado no manequim. Quando a medição é realizada com o ruído sob teste a denominação será assim representada,  $L_{M,exp}$ . Quando medido com ruído conhecido em bandas de terço de oitava será representado por:  $L_{M,exp,f}$ .

#### Resposta em Frequência de Campo Livre para o Manequim - $DL_{FF,f}$

É a diferença entre o nível de pressão sonora medido pelo microfone do simulador de ouvido em bandas de terço de oitava, com o manequim exposto frontalmente ao plano da onda sonora e o nível de pressão sonora do mesmo ruído sem o manequim.

#### Resposta em Frequência de Campo Difuso para o Manequim - $DL_{DF,f}$

É a diferença entre o nível de pressão sonora medido pelo microfone do simulador de ouvido em bandas de terço de oitava, com o manequim exposto ao ruído em campo difuso e o nível de pressão sonora do mesmo ruído sem o manequim.

#### Norma Regulamentadora – NR

Normas editadas pelo Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego.

#### Medição

Conjunto de operações que têm por objetivo determinar um valor de uma grandeza.

#### Mensurado

Objeto de medição. Grandeza específica submetida à medição.

# 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Dul & Weerdmeester (1995), o termo ergonomia é derivado das palavras gregas *ergon* (trabalho) e *nomos* (normas), sendo usado nos Estados Unidos da América, como sinônimo, *human factors* (fatores humanos), focalizando o homem tanto no seu ambiente de trabalho como nas situações cotidianas.

Para estes autores a Ergonomia baseia-se em conhecimentos de outras áreas científicas, principalmente da Fisiologia Humana, da Anatomia, da Psicologia, da Engenharia entre outras, amalhando, selecionando e integrando os conhecimentos dessas áreas, objetivando o desenvolvimento de métodos e técnicas específicas para aplicá-los na melhoria do ambiente e das técnicas de trabalho, promovendo a melhoria das condições e da qualidade de vida do ser humano.

Segundo a Ergonomics Research Society (*apud* Barros Júnior, 2002), a Ergonomia é o estudo do relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamento e ambiente e, particularmente, a aplicação dos conhecimentos de morfofisiologia e psicologia na solução de problemas surgidos desse relacionamento, e ainda, segundo Dul & Weerdmeester, (1995), pode contribuir para solucionar um grande número de problemas sociais relacionados com a saúde, a segurança, o conforto e a eficiência, verificando-se, segundo Ward & Kirk, (1970), que o seu campo de atuação é muito amplo, pois onde existir a participação humana na realização de uma atividade qualquer, ela poderá estar presente.

A preocupação com o meio ambiente e sua relação com a saúde não é algo recente. Logo, preocupações de cunho ergonômico não são recentes, Hipócrates (*apud* Almeida, 1993) por exemplo, através de sua obra “Ares, águas e lugares”, já atribuía aos desequilíbrios ambientais a causa de várias doenças.

Quatro séculos após Hipócrates, Plínio (*apud* Almeida, 1993) observou a surdez dos moradores que viviam próximos às cataratas do Rio Nilo no Egito, sendo, provavelmente, este o primeiro relato da relação ruído ambiental e perda auditiva, portanto, há cerca de 2.500 anos a humanidade tem conhecimento da relação ambiente x saúde, hoje campo de estudo da ergonomia.

Segundo Andrade (1998), em 1713 Bernardino Ramazzini descreveu algumas das alterações no organismo causadas pela exposição freqüente ao ruído, entretanto, somente a

partir da II Guerra Mundial é que se iniciaram maiores estudos sobre o ruído, devido às constatações de surdez em soldados guerrilheiros (Santos & Matos, 1996).

Com o advento da Revolução Industrial a partir da II Guerra, houve alterações significativas tanto na cadeia produtiva quanto no ambiente laboral. A produção aumentou significativamente graças às máquinas e implementos surgidos nesta época, quando também o homem migrou do campo para as fábricas localizadas no centro das cidades, provocando o surgimento das metrópoles. Porém, apesar da benece dos avanços tecnológicos, o ruído passa a poluir os ambientes laborais e a causar doenças e acidentes por vezes fatais, outrora desconhecidos.

No último século devido ao desenvolvimento das tecnologias industriais, militares e de comunicação surgiram alguns estudos a respeito dos efeitos dessas novas fontes de ruído sobre o ouvido e o cérebro humano. Nos últimos 60 anos, segundo Stephen, et al., (1995), vários estudos têm explorado o problema de perda de audição e como ela é influenciada pela idade, tempo de exposição, sexo, características do ruído, presença de outros agentes ototóxicos, bem como a influência do ruído sobre o sono, sobre a performance no trabalho, sobre os traçados eletroencefalográficos, e outros.

O que temos observado nos tempos hodiernos, é que o avanço técnico-científico, agora globalizado, tem provocado a renovação, a transformação e o surgimento de novos meios e métodos de industrialização e comercialização de produtos, e em decorrência deste avanço, têm despontado várias formas de atingir os consumidores, e uma das formas cada vez mais comuns de abordá-los é a denominada genericamente de “Telemarketing”, através dos “call centers”, onde um dos problemas da relação homem/trabalho é muito conhecido - ruído x efeitos lesivos no homem – porém, a forma como o ruído se apresenta nesta situação (através de fones acoplados diretamente sobre o sistema auditivo) é que é nova, surgindo assim a necessidade de adequação das técnicas e métodos para a sua medição e controle, diferentes das desenvolvidas até então, área na qual o presente estudo aborda aspectos relacionados.

“*Call centers*” são ambientes de trabalho nos quais a principal atividade é conduzida via telefone, utilizando-se simultaneamente terminais de computador. O termo inclui partes de empresas dedicadas a essa atividade em centrais internas de atendimento, tanto quanto empresas especificamente voltadas para essa atividade (HSE, 2001).

O Código Brasileiro de Ocupações (CBO), versão 2002, agrupa e classifica as ocupações de teleatendimento sob o termo “Operadores de telemarketing” com a seguinte descrição de atividade:

*“Descrição sumária: Atendem usuários, oferecem serviços e produtos, prestam serviços técnicos especializados, realizam pesquisas, fazem serviços de cobrança e cadastramento de clientes, sempre via teleatendimento...”*  
(BRASIL, MTE, 2002).

Voltamos nossa atenção a estes trabalhadores pelo fato de ser uma “classe nova” de profissionais, produto das mudanças conceituais que determinam uma verdadeira revolução das estratégias empresariais na busca da sobrevivência, crescimento e perpetuidade dos empreendimentos, e que portanto apresenta novos problemas que incitam os ergonomistas, impelindo-os na busca de novas soluções.

De acordo com Silva (2004), o teleatendimento expandiu-se de maneira rápida nos últimos anos, empregando nos últimos anos mais de 500 mil pessoas em nosso país, transformando-se no maior empregador na área de serviços. A Associação Brasileira de Telemarketing estima que o volume de transações apoiadas por serviços de telemarketing envolva R\$ 67,4 bilhões anualmente (6,3% do PIB) e com isso, de acordo com a literatura, há demanda relacionada a quadros diversos de adoecimento e fadiga mental e física entre trabalhadores em teleatendimento, ligadas a patologias ósteo-musculares, distúrbios mentais diversos e alterações do aparelho de fonação. Com esta nova demanda surgem outros problemas, por exemplo quanto à forma de avaliar e de corrigir as condições de trabalho desfavoráveis, surgindo assim a necessidade de se estabelecer uma interface desta área de atuação com a Ergonomia, a fim de se desenvolver novos métodos e meios adequados de análise do trabalho, no intuito de diagnosticar corretamente os novos problemas oriundos da relação homem/trabalho e apontar as devidas soluções ou mesmo formas de minimização dos danos causados à saúde dos trabalhadores.

O potencial patogênico das condições de trabalho nos centros de teleatendimento já está suficientemente descrito pelos pesquisadores que se ocupam das questões diretamente relacionadas à ergonomia. (Dejours, 1987; Sznclwar *et al.*, 1998; Assunção e Souza, 2.000; Abrahão, 2.000; Glina e Rocha, 2003). A pretensão no momento é esclarecer a forma adequada para a medição do ruído, para dar suporte a ações de intervenção ergonômica que visam a proteção individual e coletiva dos indivíduos expostos a ele.

Segundo Silva (2004), a Constituição de 1988 estabeleceu categoricamente que “A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas



*que visem à redução do risco de doença e de outros agravos ...*”. O texto constitucional brasileiro avançou ao consagrar o direito à redução dos riscos, garantindo-se normas de saúde no trabalho e ao seguir a tendência internacional de assegurar a eliminação dos riscos do trabalho em sua origem, assegurando a “... *redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança...*”, impondo então obrigações ao empregador em manter reduzidos e controlados todos os fatores de riscos do ambiente de trabalho.

Existe hoje um arcabouço jurídico-institucional sofisticado em torno da saúde e segurança dos trabalhadores, centralizado nos Ministérios do Trabalho, Saúde e Previdência Social, além de incorporar o Ministério Público, o Ministério da Agricultura, o Ministério do Meio Ambiente, o Ministério da Educação e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

Ao Ministério da Previdência e Assistência Social (MPAS), através do Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) cabe o papel de instituição seguradora, com o pagamento de benefícios por acidentes e doenças profissionais, sejam temporários ou aposentadorias.

Ao Ministério da Saúde cabe coordenar e executar ações decorrentes da “Política Nacional de Saúde do Trabalhador”, envolvendo promoção, prevenção, manutenção e recuperação da saúde. O Sistema Único de Saúde (SUS) recebeu as atribuições de “atuar na Saúde do Trabalhador tanto na assistência, na vigilância e controle dos agravos à saúde relacionados ao trabalho, como na promoção da saúde”.

Cabe ao Ministério do Trabalho e Emprego, historicamente, desde os anos 30 (à época Ministério do Trabalho Indústria e Comércio), as ações de regulamentação e inspeção do trabalho, no sentido da adequação dos ambientes de trabalho às Normas Regulamentadoras, partes integrantes da Consolidação das Leis Trabalhistas, CLT. Portarias emanadas do Ministério do Trabalho passam a regulamentar a partir da década de 70 a organização dos chamados Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho (SESMTs), aos quais é dada a tarefa de tutelar a saúde dos trabalhadores.

Mas apesar do sofisticado arcabouço jurídico-institucional a respeito da saúde e segurança do trabalhador, muitas questões relativas aos processos patognomônicos da relação homem/trabalho continuam a vitimar milhares de trabalhadores em todo o mundo, cabendo aqui a intervenção precisa e coerente da Ergonomia, devendo ela desvelar, através dos seus métodos e técnicas de intervenção, as ações necessárias para que o trabalho possa ser dimensionado de acordo com as reais capacidades do organismo, reduzindo e/ou prevenindo a sobrecarga física e mental do trabalhador, proporcionando segurança, satisfação e bem-estar dos trabalhadores no seu relacionamento com sistemas produtivos, alcançando a eficiência

como consequência.

Na Norma Regulamentadora (NR) – 17, que trata da Ergonomia, no item 1.7.5 que trata das condições ambientais de trabalho, há recomendações quanto aos níveis mínimos e máximos de exposição permitida aos diferentes fatores que compõem o conforto ambiental, tais como, temperatura, ruído e luminosidade. Quanto ao ruído, que é tema deste trabalho, não se observa nem na NR 17 e nem em qualquer outra NR, ou outra literatura nacional relacionada à medição de níveis de ruído, a descrição de uma metodologia que atenda às peculiaridades da medição da exposição ao ruído observadas em atividades em que o trabalhador usa fones de ouvido, ou seja, onde o trabalhador porta a principal fonte de ruído diretamente sobre o seu sistema auditivo, como é o caso dos operadores de telemarketing.

A legislação brasileira, mais precisamente a Norma Regulamentadora Nº 15, que trata das Atividades e Operações Insalubres, recomenda que os níveis de ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos em decibéis (dB) com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação “A” e circuito de resposta lenta, devendo as leituras ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador, ou seja, a técnica sugerida destina-se à medição de ruídos que se propagam em campo aberto, no ambiente em geral onde se encontra exposto o trabalhador, porém no caso de postos de trabalho onde a fonte de ruído encontra-se diretamente sobre o sistema auditivo do trabalhador, como é o caso dos operadores de telemarketing devido ao uso permanente de fones de ouvido, as normas não contemplam uma metodologia adequada para a medição do ruído, o que inviabiliza a mensuração exata da exposição ocupacional ao ruído destes trabalhadores.

Segundo a NR 17, os níveis de ruído a que estão expostos os operadores de telemarketing (usuários de fones de ouvido), devem estar de acordo com o estabelecido na NBR 10152, norma brasileira registrada no INMETRO (117.023-6/I2), respeitando, no mínimo, nível de ruído de até 65 dB (A) e a curva de avaliação de ruído (NC) de valor não superior a 60 dB. O problema aqui é como realizar a medição dos níveis de ruído. Diante desta constatação, buscou-se na literatura técnicas que contemplassem esse tipo de medição. Nessa busca encontramos a descrição de duas técnicas para medição de ruído em usuários de fones de ouvido, descritas na ISO/DIS 11904-1 – Determinação dos níveis de ruído emitidos a partir de fontes sonoras com oclusão do ouvido – técnica usando microfone em ouvido real, editada em 2002 e na ISO/DIS 11904-2 – Determinação dos níveis de ruído emitidos a partir de fontes sonoras com oclusão do ouvido – técnica usando manequim, editada em 2004.

Segundo Guérin et al (1997), no final da análise da atividade em uma ou várias situações de trabalho, o ergonomista vai propor um “diagnóstico local” relativo a essas

situações. Esse diagnóstico por sua vez, sintetiza os resultados das observações, das medições e das explicitações fornecidas pelos operadores, apontando os fatores a serem considerados para permitir uma transformação da situação de trabalho. Assim, a partir de uma dificuldade observada na avaliação dos riscos que a atividade de operador de telemarketing oferece ao sujeito, ou seja, quando nos deparamos com a dificuldade em realizar uma correta avaliação (medição) da exposição ocupacional ao ruído destes operadores, surgiu a demanda por um estudo que fornecesse uma solução a esse problema, a fim de que se possa avaliar corretamente o ruído e por consequência elaborar corretamente o “diagnóstico local” da situação de trabalho, que balizará as decisões na tomada de medidas para as transformações necessárias à adequação desse tipo de atividade ao operador, evitando-se ou prevenindo-se ou mesmo minimizando os prejuízos à sua saúde decorrentes de sua atividade laboral.

Segundo Santos, Dutra, Righi et al (1997), a intervenção ergonômica ocorre no local de trabalho e é denominada análise ergonômica do trabalho. Para isso diferentes técnicas são empregadas, tais como observações diretas do especialista, registro das variáveis fisiológicas do trabalhador, medidas do ambiente físico como: iluminação, ruído, vibrações, etc., para num segundo momento levantar-se as exigências do posto de trabalho e em seguida enumerar as recomendações de modificação do posto de trabalho, destinadas a eliminar ou ao menos reduzir os problemas detectados. Eis aqui o problema, se não há uma metodologia adequada à medição da exposição ao ruído, no caso dos operadores de telemarketing, como avaliar os riscos provocados por esse agente, e como enumerar as recomendações de modificações do posto de trabalho, ou recomendar ações preventivas ou de proteção individual e coletiva? Ao que depende-se do citado pelos autores, de uma correta determinação e avaliação do risco depende o sucesso das ações ergonômicas empregadas. Portanto, através deste trabalho pretende-se buscar uma solução para esse problema, visando de forma indireta auxiliar os ergonomistas, engenheiros de segurança do trabalho, fonoaudiólogos e demais profissionais na correta avaliação do ruído ocupacional a que estão expostos os operadores de telemarketing, a fim de que possam a partir de então traçar sua forma de intervenção e proteção do trabalhador.

Para isso, buscou-se na literatura, técnicas que contemplem esse tipo de medição. Nessa busca encontramos a descrição de duas técnicas para medição de ruído em usuários de fones de ouvido descritas na ISO/DIS 11904-1 e na ISO/DIS 11904-2, publicadas respectivamente em 2002 e 2004, as quais ainda não estão consagradas na literatura e tampouco são adotadas pelos órgãos competentes para a regulamentação de normas que visam garantir a saúde e a segurança do trabalhador. Da análise das normas citadas nos surgiu o

problema de pesquisa, saber se os resultados das medições realizadas através de cada uma das duas técnicas descritas na literatura, são semelhantes quando se mede um mesmo sinal ruidoso. Sendo necessário responder ainda aos seguintes questionamentos:

- Para as medições em campo real pode-se utilizar uma ou outra técnica indistintamente?

- Há fatores de incerteza associados às técnicas que podem influenciar nos resultados das medições?

Visando responder ao problema de pesquisa, o objetivo geral deste trabalho é comparar os resultados obtidos na medição de ruído através da aplicação das duas técnicas simultaneamente e realizar uma análise das incertezas associadas às técnicas de medição, requisito obrigatório na valoração e validação de uma norma. Tais descrições ainda não foram apontadas pela literatura, fato que caracteriza o importante fator de contribuição inédito deste trabalho.

A metodologia empregada trata respectivamente: 1. da técnica para medição do ruído diretamente no ouvido do usuário de fones, denominada técnica em ouvido real; e 2. da técnica para medição do ruído através de um manequim equipado com um simulador de ouvido, denominada técnica com manequim. A partir dos resultados apurados obter-se-á base teórica e prática para sugerir a adoção de uma técnica ou de outra, ou de ambas, fornecendo subsídios para o avaliador poder optar pela melhor maneira de medir o ruído quando apresentado por fontes desse tipo, de acordo com as condições disponíveis no momento da necessidade de medições em campo real. Além de realizar uma avaliação de incertezas que podem interferir no resultado das medições.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

Em suas publicações o Congresso da União do Comércio concluiu que o número estimado de trabalhadores em call centers, de acordo com sugestões conservadoras, é de mais de 400.000 empregos diretos. Este número, segundo Patel e Broughton (2002), é maior do que o número de empregos oferecido pelas indústrias têxteis e de roupas e também maior do que número de vagas oferecidas pela indústria de aço, minas de carvão e fábricas de veículos juntas. Segundo estes autores, em 2001 as empresas de call center foram responsáveis por 1,8% de todos os empregos no Reino Unido, devendo atingir 2,3% em 2002. Desta forma, autoridades relacionadas ao trabalho, uniões, organizações voluntárias, sindicatos, empregados, empregadores, enfim a sociedade, têm expressado sua preocupação quanto aos novos riscos à saúde e à segurança que essa indústria em desenvolvimento gera.

Apesar do rápido crescimento e dos riscos trazidos à luz por esse novo tipo de indústria, Peretti et al. (2003) denunciam a escassez de estudos e publicações em exposição ocupacional de indivíduos submetidos ao ruído produzido por equipamentos de comunicação. Para os autores essa falta de informações se deve, provavelmente, a dificuldades em relação a equipamentos e a metodologias para a medição e determinação dos níveis de ruído.

Ao buscarmos na literatura pesquisas realizadas na área de ruídos produzidos por fones de ouvido, observa-se que a preocupação dos pesquisadores com esse tipo de exposição não é tão recente quanto possa parecer, Huges et al. (1986), realizaram uma revisão de literatura a respeito do ruído no lazer. A partir desta revisão recomendaram a realização de estudos futuros com usuários de fones de ouvido, referindo-se principalmente a usuários de toca-fitas portátil, o que era mais comum na época, uma vez que empresas de telemarketing passaram a surgir em tempos mais recentes. Eles apontaram a necessidade de obtenção de maiores informações a respeito dos riscos relacionados com o freqüente uso e por longo tempo de fones de ouvido adaptados a esse tipo de aparelho com níveis sonoros altos.

Estudos nesse campo não têm apresentado dados uniformes. Experimentos com operadores de telefonia realizados por Glorig et al. (1969), Alexander et al. (1979) e Juan et al. (1979), tendem a excluir os riscos à audição associados a esse tipo de exposição ocupacional. Porém, ao contrário, os estudos realizados por Stephen et al.

(1995) em indivíduos que usavam continuamente fones de ouvido no departamento de defesa dos Estados Unidos, bem como, os estudos realizados por Ianniello (1996) com operadores de telefones e por Dajani et al. (1996) com trabalhadores de manutenção de cabos de telefonia e pessoal de terra de aeroportos, mostraram que esse tipo de risco está presente.

Ivanovich et al. (1994), observa que diferentes autores têm dado ênfase aos efeitos indesejáveis provocados pelo ruído em telefonistas. Em um esforço para avaliar as condições de trabalho de telefonistas e seu reflexo em seu estado de saúde, geralmente se avaliam alguns dos fatores envolvidos no seu processo de trabalho: demanda de tarefas, ruído, temperatura ambiente, ondas eletromagnéticas, e a saúde dos trabalhadores. Porém a carga neurossensorial, fatores ergonômicos, carga de ruído e temperatura ambiente devem ser considerados de grande importância na avaliação de risco do trabalho.

Gierlich (2002), comenta que o mesmo tipo de fone de ouvido usado por diferentes pessoas podem produzir níveis de pressão sonora significativamente diferentes em cada um dos ouvintes, dependendo da geometria individual, da impedância, do modelo do fone, e do posicionamento deste no ouvido.

O ruído influencia a performance do operador. Isto é verdade quando o receptor está equipado com fones de ouvido. Usualmente essa carga pode variar entre indivíduos devido a variações no tamanho e forma da orelha externa. Desse modo, o mesmo receptor telefônico exibirá diferente sensação auditiva quando usado por diferentes indivíduos. Estas diferenças na acústica entre uma e outra orelha, e as diferenças na susceptibilidade individual ao ruído indutor de perda auditiva, são ignorados na legislação a respeito do ruído ocupacional, que estabelece limites no nível equivalente de ruído em campo livre (Darlington, 2003).

Kuras e Findlay (1974), examinaram 25 ouvintes de música rock com idades entre 18 e 25 anos. Eles mediram os níveis em que os ouvintes preferiam para ouvir conversa e para música tipo rock com fones de ouvido. Além disso, eles mediram o nível de desconforto auditivo para os dois tipos de estímulo e relacionaram ainda o nível mais confortável. Encontraram uma significativa diferença entre o nível mais confortável para fala (53 dB) e para música (88-93 dB). O nível de desconforto para a música também foi muito maior do que o nível de desconforto para a fala.

Katz et al. (1982), analisaram os níveis de pressão sonora em dB(A) produzidos por fones de ouvido acoplados a rádio FM e toca-fitas portáteis. Usaram no estudo um

medidor de pressão sonora Brüel & Kjær® acoplado a um ouvido artificial, e gravaram o nível sonoro para cada ajuste de volume. Concluíram que o nível de ruído estava na faixa de 70 a 128 dB(A). No ajuste médio de volume resultou em um nível correspondente a 106 dB(A).

Fear e Hanson (1984), coletaram dados a partir de um questionário aplicado a jovens entre os anos de 1979 a 1984, a respeito de seus hábitos de ouvir música popular. No grupo de 9 a 12 anos de idade, somente 10% dos indivíduos usavam fones de ouvido quando ouviam música popular, mas com o aumento da faixa etária ocorria concomitante aumento do número de usuários deste tipo de equipamento, chegando a 35% o número de usuários na faixa etária entre 18 e 25 anos de idade. As audiometrias realizadas com os usuários e não usuários de fones de ouvido, demonstraram que nos usuários de fones houve mudanças de limiares de até 10 dB em relação aos não usuários, nas frequências de 2, 3 e 4 kHz, com maior predomínio em 3 e 4 kHz.

Lee et al. (1985), investigaram mudanças temporárias de limiares auditivos em 16 voluntários depois de 3 h de uso de fones de ouvido acoplados a rádio e toca-fitas no maior volume habitual. Dos 16 indivíduos, nove apresentaram mudança de limiares de 5 dB ou menos. Seis apresentaram mudança de 10 dB em uma ou mais frequências e um apresentou mudança de limiar de mais de 25 dB em ambos ouvidos na frequência de 4 kHz. Depois de 24 horas, todos os voluntários apresentaram limiares normais. A média do nível de pressão sonora no volume ajustado para os três grupos foi, respectivamente, de 92 dB(A), 99 dB(A) e 103 dB(A).

Mori (1985), examinou a audição de 175 estivadores entre 20 e 29 anos de idade, que não apresentavam problemas relacionados ao sistema auditivo ou história de perdas auditivas na família. Deste grupo 69% eram ouvintes de gravações e destes 43% utilizavam fones de ouvido. O autor observou que os usuários de fones de ouvido apresentaram mais perdas auditivas permanentes do que os não usuários, nas frequências de 4 e 6 kHz.

Bradley et al. (1987), aplicaram um questionário a 1443 estudantes entre 11 e 18 anos, com hábitos de ouvir música através de toca-fitas portátil com fones de ouvido. O tempo de uso semanal era de 12,5 horas por semana e em finais de semana era em média de aproximadamente 23 horas para 90% dos entrevistados. Na segunda parte de seu estudo, 11 usuários de toca-fitas portátil com fones de ouvido e 14 não usuários foram solicitados a regular o aparelho no volume que eles preferem ouvir música quando estão ouvindo. O nível máximo em campo livre equivalente foi de 102 dB(A).

Em um estudo conduzido por Ivanovich et al. (1994), 260 operadoras de telefonia usuárias de fones de ouvido, com idade média de  $36,7 \pm 8,2$  anos e com média de  $12,7 \pm 7,1$  anos de trabalho, com atividades similares em três departamentos do serviço de telefonia e telégrafo em Sofia, foram monitoradas. Os autores mediram o ruído de fundo (ambiente) e também os níveis sonoros produzidos pelos fones de ouvido, através de um ouvido artificial (Brüel & Kjær type 4153), medidor de precisão de nível de pressão sonora (Precision Integrating Sound Level Meter type 2230) e outros. Para a aquisição dos dados das medições fizeram algumas adaptações no sistema de saída dos equipamentos de modo a permitir que um mesmo sinal pudesse chegar ao fone do operador e também ao fone acoplado ao sistema de medição. No departamento internacional o ruído de fundo apresentou-se na faixa de 57,4 a 70,6 dB(A); no departamento intermunicipal entre 70,6 e 71,7 dB(A) e no departamento de informações na faixa de 68,7 a 70,1 dB(A). O ruído captado pelo microfone do ouvido artificial esteve na faixa de 78,4 a 86,6 dB(A). Picos de 90 a 96 dB(A) foram registrados durante diferentes momentos operacionais (discagem, tons de fax, sinais de ocupado...) com duração de menos de 5 segundos com um acúmulo de 15 minutos no período medido.

Neste estudo não foram observadas perdas auditivas nas frequências de 500 Hz, 1, 2, 3, 4, 6 e 8 kHz. Os pesquisadores ainda testaram amostras de urina dos sujeitos, pela manhã entre 10 e 13 horas e à tarde entre 16 e 19 horas, a fim de mensurar a quantidade de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) presentes na urina, substâncias liberadas em maior quantidade nos períodos de estresse. Nesta investigação observaram uma elevada excreção de catecolaminas em todos os grupos, especialmente pela manhã, com grande prevalência nas operadoras intermunicipais. Esses resultados indicam o efeito estressante do ruído. Porém, vários outros fatores podem influenciar a mente, como uma grande demanda de serviço, organização ineficiente do trabalho, falta de autonomia, pouco suporte social, e por último, porém não menor, a atmosfera social geral. Todas essas condições, segundo os autores, são compreendidas como fatores de risco para o desenvolvimento do estresse relacionado a doenças.

Stephen, et al. (1995), conduziram um estudo com 37 operadores de telemarketing usuários de fones de ouvido, 13 mulheres e 24 homens, com 1 a 14 anos de experiência na função e com idade entre 20 e 34 anos, que foram monitorados durante a execução normal de suas tarefas. A exposição ao ruído foi avaliada utilizando-se no ouvido real um minimicrofone colocado na entrada do canal auditivo de cada um dos indivíduos, perpendicular à linha horizontal do canal auditivo. Os dados coletados



de cada um dos sujeitos da amostra foram incorporados em uma média de nível sonoro contínuo equivalente. Os resultados evidenciaram que o nível sonoro encontrava-se numa faixa de 79,9 a 103,8 deciBel nível de audição (dB(A)), cuja média foi de 87,0 dB(A). Os picos máximos apresentaram-se na faixa de 119,2 a 148,8 dB(A), cuja média foi de 140,8 dB(A). Ao final do estudo recomendaram o desenvolvimento de um programa de qualidade e treinamento em riscos, incluindo técnicas de redução de ruído de acordo com os níveis de tolerância.

Patel e Broughton (2002), pesquisadoras do Health and Safety Laboratory no Reino Unido, realizaram um estudo que consistiu em 15 visitas a diferentes call centres. Em cada um deles coletaram informações relativas aos níveis de ruído ambiente, níveis de ruído produzidos pelos fones de ouvido e informações típicas a respeito desse tipo de trabalho. O ruído ambiente foi medido através de dosímetros entre 4 e 5 horas, posicionados em locais adequados para aferir a realidade sonora do local. Para medir os níveis sonoros produzidos pelos fones de ouvido, as pesquisadoras utilizaram um manequim denominado de KEMAR (Knowles Electronics Manikin for Acoustic Research), equipado com simulador de ouvido (Brüel & Kjær® 4134) e com molde de orelha de um indivíduo adulto, considerado padrão.

Com dois fones de ouvido conectados na mesma central de recepção, obteve-se sinal idêntico em cada um deles, sistema geralmente utilizado em treinamentos. Nas centrais que não dispunham deste tipo de equipamento, as pesquisadoras utilizaram um adaptador desenvolvido pela Plantronics® que permitiu a conexão de dois fones ao mesmo receptor, a fim de garantir que os níveis sonoros mensurados com o KEMAR fossem os mesmos recebidos pelo operador. Quanto ao volume, deixaram que o operador regulasse a seu nível de conforto e o mantiveram assim durante toda a medição. Importante observar que todos os usuários utilizaram o volume no maior nível permitido pelos ajustes do aparelho. Participaram deste estudo 150 usuários de fones de ouvidos de ambos os sexos que trabalham em empresas de telemarketing, com 70 a 1.450 funcionários, sendo que os mesmos possuíam entre 1 e 16 anos de trabalho.. O ruído ambiente medido foi de 57 a 66 dB(A), com média de 62 dB(A) e desvio padrão de  $\pm 2$  dB(A). Os níveis de ruído, já corrigidos, obtidos nas medições encontram-se entre 65 a 88 dB(A), média de 77 dB(A) e desvio padrão de  $\pm 5$  dB(A). O ruído ambiente não foi considerado nas estimativas da dose diária de ruído a que estão expostos os operadores, devido ao fato de serem negligenciáveis quando comparados com os níveis gerados

pelos fones de ouvido que são a maior fonte de ruído deste tipo de ambiente. Enfim, as autoras concluem que o risco para danos ao sistema auditivo é extremamente baixo.

Gierlich (2002), testou 6 diferentes fones de ouvido em 12 indivíduos distintos. Os indivíduos sob teste foram solicitados a colocarem os fones da forma mais cômoda e correta possível, de acordo com suas preferências pessoais. Os níveis de pressão sonora medidos variaram numa faixa de  $\pm 10$  dB em todas as faixas de frequência. Segundo o autor, as diferenças podem ser explicadas por diferentes fatores como: diferenças geométricas individuais do pavilhão auricular e do canal auditivo e diferentes impedâncias que dependem em parte da geometria.

Gierlich (2002), comparou os resultados de medições realizadas em ouvido real e com manequim equipado com simulador de ouvido, de acordo com a norma ITU-T P.57 e P.58, que é a norma que define o tipo de manequim a ser utilizado para estudos em telefonometria. Os resultados destes estudos confirmaram que o uso da tecnologia da cabeça artificial com um simulador de ouvido e com um molde de orelha externa padrão, proporcionam resultados mais realísticos quando comparados com os dados da média das características das orelhas humanas. O autor concluiu que o uso da tecnologia da cabeça artificial baseada na ITU-T recomendações P.57 e P.58 é o modo mais apropriado para testes com fones de ouvido para obtenção de uma média representativa das respostas do ouvido humano.

Peretti et al. (2003), realizaram uma pesquisa em quatro diferentes locais. 1. No setor de gravação de um jornal, local onde se ouvem as entrevistas gravadas ao telefone, e faz-se a revisão dos artigos enquanto se ouve a gravação original através de fones de ouvido. 2. Em um escritório central de telefonia de uma organização governamental, cujos fones não possuem limite para a saída do som. 3. Em um local idêntico ao anterior porém com fones providos de mecanismo que limita a saída do som e 4. Em um call centre de um banco. Os sinais foram medidos a partir de um manequim composto por cabeça e torso e equipado com molde de uma orelha humana e com um simulador de ouvido artificial (Brüel & Kjær® 4128) e analisados por um analisador digital de frequências de dois canais (Larson Davis® 2900). Com dois fones de ouvido da mesma marca e modelo conectados na mesma central de recepção, obteve-se sinal idêntico em cada um deles, e, nas centrais em que havia somente uma saída disponível, a esta foi adaptado um divisor capaz de fornecer duas saídas que eram eletricamente independentes mas com forma e nível sonoro idênticos, a fim de garantir que os níveis sonoros mensurados no manequim fossem os mesmos recebidos pelo operador. Os sinais

foram medidos em condições normais de trabalho, inclusive nos intervalos, num total de 18 horas de gravação. Os níveis de pressão sonora foram obtidos em bandas de frequência de terço de oitava e posteriormente foram corrigidos usando a curva de nível de ponderação A, para obter as respostas em campo livre. Das 96 medições realizadas, os autores concluíram que não há evidências de que o uso do fone de ouvido possa causar perda auditiva, uma vez que os níveis de pressão sonora mínimo e máximo observados nas medições foram de 50 e 84,1 dB(A). Porém o risco de provocar danos auditivos deve ser considerado em alguns casos específicos, como nos casos em que a voz do usuário é captada pelo próprio fone o que ocasiona aumento dos níveis de pressão sonora, nos casos em que o nível de pressão sonora ambiente está muito elevado como por exemplo nos horários de pico do trabalho, bem como quando os níveis de amplificação do som do fone estão muito acima do que determina a sua própria regulação.

Broughton e Patel (2003) relatam em sua publicação que uma nova evidência médica emergiu na Austrália e na Dinamarca. Esta evidência foi baseada em sintomas encontrados em operadores de telemarketing australianos e dinamarqueses que reclamavam por sofrer com choques acústicos. Os sintomas referidos eram sensações de paresia (discreta paralisia) e parestesia (discreta perda de sensibilidade) ao redor da orelha, com hipersensitividade ao som em casos extremos. O estudo concluiu que ruídos de altas intensidades e altas frequências podem causar os sintomas, isto inclui ainda fatores como: um ruído inesperado, estresse, e susceptibilidade individual. Sugestões clínicas iniciais sugeriram causas fisiológicas dos sintomas como por exemplo espasmos musculares da região do ouvido médio.

Segundo as autoras, mais de cem casos de choque acústico foram reconhecidos na Austrália, e números menores, porém não menos significantes, foram reportados na Dinamarca. Enquanto que nos Estados Unidos não foram diagnosticados ou poucos diagnósticos foram realizados neste sentido. No caso do Reino Unido é possível que alguns casos foram reportados onde os indivíduos experienciaram estes sintomas conforme descrito pelos australianos.

Segundo Lawton (2003), o choque acústico é definido largamente como uma súbita e inesperada explosão de ruído transmitido através dos fones de ouvido, sendo o ruído geralmente de alta frequência. O sinal pode ser causado por interferências na linha telefônica, mal funcionamento de fax, assobios, sopros maliciosos, etc. Em resposta a este tipo de ruído, a reação natural é remover os fones rapidamente, o que limita a

alguns segundos a exposição. Porém alguns indivíduos ficam estáticos a partir de um som estridente como nas reações a alguns sustos, sem remover os fones, mas a exposição a estes eventos acústicos não são suficientes para causar perdas auditivas estimada pelos métodos convencionais. Porém, outros sintomas auditivos e neurológicos podem se desenvolver, resultando em um dano reclamado pelo operador.

Os sintomas reclamados pelos operadores que sofreram de choque acústico foram descritos por Lawton (2003). Dentre os sintomas referidos pelos usuários de fones destacam-se as alegações de perdas de audição, início de zumbido no ouvido afetado, dificuldades de equilíbrio (o que denota danos ao ouvido interno), sensação de plenitude ou bloqueio no ouvido, dores recorrentes, sensação de parestesia ou queimação na cabeça, pescoço, ombros e abaixo do braço no lado afetado, hiperacusia, percepção auditiva diferente a partir do evento, ansiedade, depressão e até episódios de síndrome do pânico.

Devido a estes relatos muitos foram encaminhados para avaliação médica donde se destacam os seguintes sintomas descritos em seus relatórios: perdas auditivas nas frequências altas com entalhe característico de perda auditiva induzida por ruído. Em alguns deles pode-se associar a perda auditiva à idade, devido ao fato de ter sido diagnosticada a perda auditiva em ambas as orelhas e não somente na qual ocorreu o choque acústico. De 18 indivíduos 10 referiram zumbido logo após o incidente, cuja causa-efeito não podem ser negadas, porém 2 outros tinham história de zumbido pré-existente. De acordo com o autor, infelizmente não há um exame que possa diagnosticar a severidade do zumbido, ou se ele existe, por isso os audiologistas costumam graduar a severidade do zumbido de acordo com uma escala de sintomas, e classificando-o como: leve, moderado, severo. A severidade depende além da descrição do paciente da reação psicológica da sensação ao zumbido. Outros sintomas auditivos diagnosticados incluem diminuição da sensação auditiva, dores no ouvido, sensação de plenitude, vertigens e tonturas. Sendo que alguns sintomas podem vir a aparecer tempos depois do episódio que os provocou. Quanto aos sintomas de cabeça e pescoço, pequena proporção de indivíduos apresentou sintomas imediatamente após o incidente do choque acústico. Estes sintomas incluem sensação de parestesia, zumbido tipo tilintar e sensação de queimação em volta do ouvido afetado. Alguns indivíduos referiram estes sintomas também para o pescoço, ombros e braço no lado afetado. Entre as reações fisiológicas uma resposta comum foi hiperacusia, e uma anormal sensibilidade para sons diários que não eram ouvidos e que causam aflição, ansiedade e angústia. Além dos sintomas

anteriormente mencionados muitos pacientes relataram também estresse (sendo que em um dos casos foi diagnosticado por um psiquiatra a síndrome do estresse pós-traumático), dores de cabeça e fadiga crônica por vários meses após o incidente, e até mesmo ataques de pânico.

De acordo com Bayley (2003), um adequado controle demanda uma abordagem holística, considerando não somente os fones e a infraestrutura dos aparelhos de telefonia, mas também o design dos prédios, o layout dos postos de trabalho, as modificações do trabalho e a manutenção dos equipamentos, enfim, deve-se realizar uma análise completa do lugar e da situação de trabalho. As recomendações da legislação para a redução da exposição ao ruído não pode ser garantida somente a partir da escolha de um equipamento com limitador acústico. Depende, além do equipamento, da regulagem de volume, duração da exposição diária, frequência e duração das chamadas telefônicas, manutenção adequada dos equipamentos, testes rápidos diários ou semanais para checagem do funcionamento do sistema, correto uso e colocação dos fones, etc. Devido a esse conjunto de fatores é que não é possível a uma simples norma legislativa conferir garantia de que os níveis de exposição estão dentro do permitido, para se ter essa garantia procedimentos administrativos para monitoração e controle do ruído dentro das corporações são necessários.

### Sobre a Norma ISO/DIS 11904

A norma ISO/DIS 11904 trata da determinação dos níveis de ruído a partir de fontes sonoras com oclusão do ouvido, e é descrita em duas partes, tratando respectivamente, na Parte 1 – da Técnica usando microfone no ouvido real (ISO/DIS 11904-1) e na Parte 2 – da Técnica usando manequim (ISO/DIS 11904-2).

A normatização desta série pode ser aplicada para teste de equipamentos, determinação de exposição ao ruído proveniente de aparelhos de som tipo rádio, toca-fitas, telefone, e outros, cuja recepção sonora se dê através do uso de fones de ouvido ou de inserção.

Segundo a própria norma (ISO/DIS 11904), quando diferentes pessoas são expostas ao mesmo nível de pressão sonora, diferentes respostas são obtidas em seus tímpanos, devido às características individuais do sujeito, porém, essas diferenças não são suficientemente relevantes. Sendo que até o momento não há evidências de que haja aumentos relevantes, quando considerados os níveis medidos próximos da membrana timpânica ou em outro local,

como é o caso dos níveis medidos no meato acústico externo, conforme recomenda a parte 1 desta norma.

A medição do nível de pressão sonora no canal auditivo de dois indivíduos expostos ao mesmo tipo de fone de ouvido, com o mesmo ruído, apresentou exatamente os mesmos resultados. A determinação de campo livre, demonstrou que o nível de pressão sonora utilizando respostas em frequência individual pode resultar em diferentes valores. Isso demonstra que é duvidoso relacionar níveis de pressão sonora usando respostas em frequências individuais em campo livre para representar valores em geral.

De acordo com a ISO/DIS 11904-1 o nível de pressão sonora no canal auditivo pode ser medido através da utilização de um microfone miniaturizado que é colocado dentro do canal auditivo, ou através de um microfone que fique junto ao ouvido mas do lado de fora acoplado a uma sonda em forma tubular, onde a sonda é colocada no canal auditivo captando o ruído a ser medido.

As respostas dos microfones utilizados, miniatura ou com sonda, devem ser desprovidos de pronunciados efeitos de ressonância. As respostas destes podem ser checadas através de uma comparação com as respostas oferecidas por um microfone calibrado de acordo com a IEC 61094-1.

O microfone, os elementos elétricos, suportes e outros elementos não devem exceder a área de  $10 \text{ mm}^2$  da área total da concha do ouvido.

A ISO/DIS 11904 determina que os sinais devem ser analisados com filtros de terço de oitava conforme requisições para classe 1 da IEC 61260.

Quanto à posição de colocação do minimicrofone no canal auditivo para aplicação da técnica descrita na parte 1 da norma, esta pode ser de três maneiras distintas, representadas nas figuras 1 a 3.

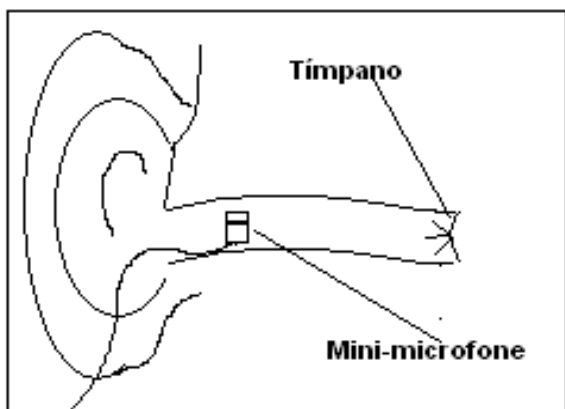


Fig. 1- Minimicrofone em canal auditivo aberto

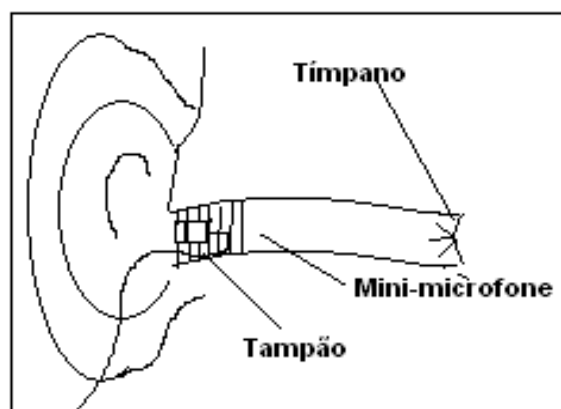


Fig. 2- Minimicrofone em canal auditivo bloqueado

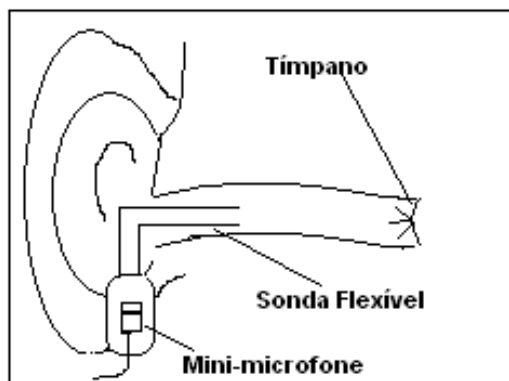


Fig. 3- Minimicrofone com sonda flexível no canal auditivo

De acordo com as figuras 1 a 3, é possível descrever as três posições de teste do minimicrofone no canal auditivo como sendo: 1 – entre a entrada do canal auditivo e a membrana timpânica; 2 – na entrada do canal auditivo com bloqueio da mesma; e 3 – através de acoplamento do minimicrofone a um tubo equipado com uma sonda flexível.

Segundo a normatização, é importante garantir a estabilidade da posição de colocação do minimicrofone através de uma boa fixação de seus componentes junto à orelha, e para isso pode-se utilizar fita adesiva para fixar o fio da região externa da orelha junto à região cervical, a fim de evitar que movimentos bruscos ou que esticadas do fio possam movimentar o microfone e prejudicar os resultados das medições. Além desses cuidados, solicita-se aos sujeitos da amostra, quando é o caso, que retirem quaisquer objetos que possam interferir no posicionamento do minimicrofone, como gorro, brincos, piercing, etc. A área total de ocupação do microfone, e de seus elementos elétricos deve ocupar uma área menor do que 10 mm<sup>2</sup>.

Segundo Krebber, et al. (2001), o melhor ponto ou posição para a colocação do minimicrofone é sem dúvida a 1 mm da membrana timpânica, é muito perigoso para ser usada por pessoas não especializadas, além do que é muito desconfortável para o sujeito sob teste e não é muito prática a técnica para o correto posicionamento. Em seu estudo os autores consideraram a entrada do canal auditivo, como a melhor maneira de posicionar o minimicrofone, isto é, posicionaram-no na concha auditiva, próximo à abertura do canal auditivo externo, tornando a técnica fácil e rápida.

Os sujeitos participantes deste tipo de medições devem ser saudáveis, ou seja, livres de quaisquer tipo de inflamações e/ou outro tipo de patologia na orelha externa e média, livres de excesso de cera, que não tenham um canal auditivo muito plano e nem muito curvo, bem como tenham integridade de membrana timpânica. Somente as

peessoas que satisfizerem a todas essas características é que podem ser selecionadas, segundo a orientação da norma.

#### Princípios da Medição de Acordo com a Norma ISO/DIS 11904

Para a técnica usando minimicrofone em ouvido real, coloca-se um minimicrofone no canal auditivo na devida posição de teste, e então o indivíduo é exposto ao ruído e o nível de pressão sonora equivalente contínuo é medido em bandas de frequência de terço de oitava,  $L_{\text{ear, exp, } f}$ . No caso da técnica usando manequim, os níveis de pressão sonora serão obtidos através da exposição do manequim equipado com simulador de ouvido ao ruído sob teste, e medido em bandas de terço de oitava,  $L_{\text{M, exp, } f}$ .

Cada um dos níveis das bandas de terço de oitava é ajustado com a resposta em frequência de campo livre ( $\Delta L_{\text{FF, } f}$ , para ouvido real e  $\mathbf{DL}_{\text{FF, } f}$ , para o manequim) ou de campo difuso ( $\Delta L_{\text{DF, } f}$ , para ouvido real e  $\mathbf{DL}_{\text{DF, } f}$ , para o manequim), para obter os níveis de pressão sonora correspondentes apresentados em bandas de terço de oitava em campo livre ou difuso. Posteriormente esses níveis em bandas de terço de oitava são ajustados usando a curva de ponderação A e subsequentemente combinados para obter o nível de pressão sonora equivalente contínuo ponderado A, relacionado ao campo livre ou difuso -  $L_{\text{FF, Aeq}}$  ou  $L_{\text{DF, Aeq}}$ .

#### Determinação do Nível de Pressão Sonora (NPS) Contínuo Equivalente Ponderado A, Relacionado com a Resposta em Frequência de Campo Livre ou Difuso.

##### Medição do Nível de Pressão Sonora no Canal Auditivo

Com o indivíduo exposto ao ruído sob teste, e com o minimicrofone devidamente posicionado, o nível de pressão sonora na orelha pode ser obtido para cada uma das frequências em bandas de terço de oitava. De acordo com a ISO em discussão, a faixa de frequência de maior significância para os objetivos do teste, e uma relação sinal-ruído de ao menos 10 decibel (dB) devem ser garantidos em cada faixa de frequência em bandas de terço de oitava.

O tempo de medição deve ser escolhido de modo a ser realmente representativo da exposição real. Para bandas de frequência de terço de oitava as frequências da banda central  $f$ , o tempo ( $t$ ) deve ser um intervalo de tempo representativo da exposição e de acordo com a ISO/DIS 11904 pode ser assim determinado:



$$t \geq \frac{5000}{f} \quad \text{para } f \leq 2.000 \text{ Hz}$$

e

$$t \geq 2,5 \text{ s} \quad \text{para } f > 2.000 \text{ Hz}$$

Os resultados, dos níveis de pressão sonora em banda de terço de oitava captados pelo minimicrofone no canal auditivo durante a exposição ao ruído sob teste poderá ser assim representado:  $L_{\text{ear, exp, } f}$  para a técnica em ouvido real e  $L_{\text{M, exp, } f}$  para a técnica utilizando manequim.

#### Conversão do Nível de Pressão Sonora medido para Campo Livre ou Campo Difuso

Para obter os níveis de pressão sonora em banda de terço de oitava relacionado em campo livre ou difuso,  $L_{\text{FF},f}$  ou  $L_{\text{DF},f}$ , é necessário subtrair do nível de pressão sonora do canal auditivo ( $L_{\text{ear, exp, } f}$  para ouvido real e  $L_{\text{M, exp, } f}$  para o manequim) a resposta em frequências de campo livre ou de campo difuso ( $\Delta L_{\text{FF},f}$  e  $\Delta L_{\text{DF},f}$  para ouvido real e  $DL_{\text{FF},f}$  e  $DL_{\text{DF},f}$  para o manequim);

##### Técnica em Ouvido Real

$$L_{\text{FF},f} = L_{\text{ear, exp, } f} - \Delta L_{\text{FF},f}$$

$$L_{\text{DF},f} = L_{\text{ear, exp, } f} - \Delta L_{\text{DF},f}$$

##### Técnica com Manequim

$$L_{\text{FF},f} = L_{\text{M, exp, } f} - DL_{\text{FF},f}$$

$$L_{\text{DF},f} = L_{\text{M, exp, } f} - DL_{\text{DF},f}$$

Segundo a ISO/DIS 11904-2, a resposta em frequência de campo livre na técnica utilizando manequim ( $DL_{\text{FF},f}$ ) pode ser obtida a partir da norma ITU-T P.58:1993, Tabela 2/P.58, apresentada a seguir.

Quadro 1. Tabela para correção dos níveis de pressão sonora para obtenção da resposta em frequência de campo livre na técnica utilizando manequim ( $DL_{FF,f}$ ).

Frequência (Hz)	Resposta Campo Livre (dB)	Tolerância (dB)	
100	0,0	$\pm 1,0$	
125	0,0		
160	0,0		
200	0,0		
250	0,5	+ 1,0	- 1,5
315	1,0	+ 1,0	- 1,5
400	1,5	+ 1,0	- 1,5
500	2,0	+ 1,5	- 1,0
630	2,5	+ 1,5	- 1,0
800	3,5	+ 2,5	- 1,0
1.000	3,5	+ 2,0	- 1,5
1250	3,5	+ 2,5	- 1,5
1600	5,0	+ 2,0	- 3,0
2.000	12,5	+ 1,0	- 3,5
2500	18,5	+ 1,0	- 4,0
3150	15,5	+ 5,0	- 2,0
4000	13,0	+ 3,0	- 1,0
5000	11,0	+ 4,5	- 2,5
6300	5,0	+ 4,0	- 2,5
8000	2,0	+ 9,0	- 3,0
1.0000	7,0	+ 3,0	- 6,5

Fonte ITU-T P.58, p. 12: 1993.

A resposta em frequência de campo difuso na técnica utilizando manequim ( $DL_{DF,f}$ ) pode ser obtida a partir da norma ITU-T P.58:1993, Tabela 3/P.58, apresentada a seguir.

Quadro 2. Tabela para correção dos níveis de pressão sonora para obtenção da resposta em frequência de campo difuso na técnica utilizando manequim ( $DL_{DF,f}$ ).

Frequência (Hz)	Resposta Campo Difuso (dB)	Tolerância (dB)	
100	0,0	± 1,0	
125	0,0		
160	0,0		
200	0,0		
250	0,5		
315	0,5		
400	1,0		
500	1,5		
630	2,0		
800	4,0		
1.000	5,0		
1250	6,5		
1600	8,0		
2.000	10,5	+ 2,0	- 1,0
2500	14,0	+ 2,0	- 3,0
3150	12,0	+ 6,0	- 1,0
4000	11,5	+ 5,0	- 2,0
5000	11,0	+ 5,5	- 2,0
6300	8,0	+ 2,0	- 3,0
8000	6,5	+ 5,0	- 4,0
1.0000	10,5	+ 0,0	- 10,0

Fonte ITU-T P.58, p.13: 1993.

### Ponderação e Soma dos Níveis de Pressão Sonora

Os níveis de pressão sonora contínuo equivalente ponderado A relacionados ao campo livre ou ao campo difuso, devem ser calculados usando a ponderação A definido como  $A_f$  na seguinte fórmula:

$$L_{FF,Aeq} = 10 \log \left\{ \sum_f 10^{(L_{FF,f} + A_f) / 10 \text{ dB}} \right\} \text{dB(A)}$$

$$L_{DF,Aeq} = 10 \log \left\{ \sum_f 10^{(L_{DF,f} + A_f) / 10 \text{ dB}} \right\} \text{dB(A)}$$

Para a técnica em ouvido real, se a posição de colocação do minimicrofone no canal auditivo for uma das três possíveis posições mencionadas norma ISO/DIS 11904-1, a respectiva resposta em frequência de campo livre ou difuso,  $\Delta L_{FF,f}$  ou  $\Delta L_{DF,f}$  pode ser obtida a partir da tabela a seguir.

Quadro 3. Resposta em Frequência de Campo Livre ou Difuso para Posições Seleccionadas de Medição no Canal Auditivo.

Frequências de terço de oitava em Hz	Resposta em Frequências de Campo Livre $\Delta L_{FF,f}$			Resposta em Frequências de Campo Difuso $\Delta L_{DF,f}$		
	Em canal auditivo Aberto dB	Em canal auditivo Bloqueado dB	Com sonda flexível no canal auditivo dB	Em canal auditivo Aberto dB	Em canal auditivo Bloqueado dB	Com sonda flexível no canal auditivo dB
≤ 100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
125	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
160	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
200	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
250	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
315	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
400	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
500	1,6	1,7	2,0	1,7	1,7	1,7
630	1,8	1,8	2,3	2,1	2,2	2,8
800	1,3	1,4	3,1	2,5	2,3	3,3
1.000	0,6	-0,4	2,7	2,9	2,3	4,1
1250	1,5	1,3	2,9	3,6	3,1	5,5
1600	5,2	4,1	5,8	4,7	3,8	7,7
2.000	8,6	6,6	12,4	6,4	4,4	11,0
2500	9,5	7,1	15,7	8,2	5,9	15,3
3150	7,8	10,1	14,9	5,8	8,1	15,7
4000	5,7	12,8	13,2	3,0	10,3	12,9
5000	5,6	10,5	8,9	5,1	10,0	10,6
6300	2,9	2,8	3,1	6,9	7,3	9,4
8000	-2,0	-1,2	-1,4	5,6	6,0	9,5
1.0000	-5,0	0,2	-3,8	-0,9	3,8	6,8
12500	5,1	6,1	-0,1	1,0	2,0	3,8
16000	2,2	2,4	-0,4	-0,9	-0,2	0,7

Fonte ISO/DIS 11904-1, pp. 9: 2.000.

### Relatório dos Testes

As informações mínimas que um relatório de teste deve conter, segundo a norma ISO/DIS 11904, para cada uma das técnicas, são apresentadas na tabela a seguir.

Quadro 4. Informações Mínimas que um Relatório de Teste deve conter, segundo a Norma ISO/DIS 11904, para cada uma das Técnicas.

Técnica em Ouvido Real – ISO/DIS 11904-1	Técnica com Manequim – ISO/DIS 11904-2
1. Data e local das medições, referência a qual das partes da norma (ISO/DIS 11904-1 ou ISO/DIS 11904-2) e partes usadas para as medições, juntamente com o nome da instituição e da pessoa responsável pelas medições.	
2. Descrição de todas as informações relevantes a respeito do ruído sob teste, sobre a fonte que o está emitindo, condições de operação, faixa de frequência, etc.	
3. Descrição do local das medições com especial consideração às propriedades acústicas.	
4. Descrição dos instrumentos utilizados, incluindo informações a respeito do período das medições e data e local da calibração.	
5. Descrição dos sujeitos e da posição de teste escolhida	5. Descrição do manequim utilizado
6. Descrição do campo sonoro de referência se for usado.	6. Valores das respostas em frequência de campo livre ou difuso do manequim e todos os resultados relevantes.
7. Para cada sujeito e ouvido, $L_{FF,f}$ ou $L_{DF,f}$ ou $L_{FF, Aeq}$ ou $L_{DF, Aeq}$ . Os dados podem ser apresentados em gráficos.	7. Para cada simulador de ouvido do manequim os resultados originais medidos, os níveis de pressão sonora relacionados com campo livre ou difuso ( $L_{FF,f}$ ou $L_{DF,f}$ ) e os níveis de pressão sonora ponderado em A contínuo equivalente relacionado em campo livre ou difuso ( $L_{FF, Aeq}$ ou $L_{DF, Aeq}$ ), podem ser relatados.
8. Apresentar a média aritmética e o desvio padrão para $L_{FF, Aeq}$ ou $L_{DF, Aeq}$	8. O nível de pressão sonora final ponderado em A contínuo equivalente relacionado com campo livre ou difuso
9. Avaliação de incertezas da medição	
10. Outras informações relevantes que influenciaram nos resultados das medições.	

### Sobre a Análise de Incertezas

É possível observar que a norma ISO/DIS 11904 ao relatar as informações mínimas que um relatório de teste deve conter, apresentadas no Quadro 4, faz referência à avaliação de incertezas da medição, apontada no item 9 deste quadro.

Quando se relata o resultado de medição de uma grandeza física, é obrigatório que seja dada alguma indicação quantitativa da qualidade do resultado, de forma tal que aqueles que o utilizam possam avaliar sua confiabilidade. Sem essa indicação, resultados de medição não podem ser comparados, seja entre eles mesmos ou com valores de referência fornecidos numa

especificação ou numa norma. É portanto, necessário que haja um procedimento prontamente implementado, facilmente compreendido e de aceitação geral para caracterizar a qualidade de um resultado de uma medição, isto é, para avaliar e expressar sua incerteza (ABNT, INMETRO, SBM, 2003).

A palavra “incerteza” significa dúvida, e assim, no sentido mais amplo, “incerteza de medição” significa dúvida acerca da validade do resultado de uma medição. A grandeza física usada para expressar a incerteza deve ser internamente consistente e transferível. A incerteza de medição segundo o Vocabulário de Metrologia – VIM é definida como um parâmetro associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentalmente atribuídos a um mensurando (INMETRO, 2.000).

De acordo com o INMETRO (2.000), o resultado da medição de uma grandeza física deve ser relatado com qualidade. Há diferentes formas de se realizar uma medida e a dificuldade está na indicação da confiabilidade dos resultados e em expressá-los. As informações devem fornecer um intervalo em torno do resultado de medição com o qual se espera abranger uma grande fração da distribuição de valores, que poderiam razoavelmente ser atribuídos à grandeza sujeita à medição e ao erro associado. Em geral, o resultado de uma medição é somente uma aproximação ou estimativa do valor mensurado, que deve ser definido com totalidade suficiente relativa à exatidão requerida, de modo que, para todos os fins práticos associados com a medição, seu valor seja único, só estando completa quando acompanhada pela declaração da incerteza associada.

A falta do conhecimento exato do valor do mensurando gera uma dúvida no resultado da medição. Na prática, existem muitas fontes possíveis de incerteza em uma medição, incluindo a definição incompleta do mensurando; a realização imperfeita da definição do mensurando; uma amostragem não-representativa; o conhecimento inadequado dos efeitos das condições ambientais sobre a medição ou medição imperfeita das condições ambientais; o erro de tendência pessoal na leitura de instrumentos analógicos; a resolução finita do instrumento; os valores inexatos dos padrões de medição e materiais de referência; os valores inexatos de constante e de outros parâmetros obtidos de fonte externas; as aproximações e suposições incorporadas ao método e procedimento de medição; as variações nas observações repetidas do mensurando sob condições aparentemente idênticas (ABNT, INMETRO, SBM, 2003).

Na prática, existem muitas fontes possíveis de incerteza em uma medição, a própria ISO/DIS 11904, aponta em seu conteúdo algumas fontes de incerteza no método de avaliação descrito tanto na parte 1 – técnica usando microfone em ouvido real, quanto na parte 2 –

técnica usando manequim. Segundo a norma, algumas fontes de incerteza das medições são: calibração incorreta do campo de referência do microfone, calibração incorreta do simulador de ouvido, posicionamento inadequado do minimicrofone no canal auditivo, e as variações do sinal sonoro sob teste, dentre outras.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Segundo Jakubovicz (2.000), na metodologia existem vários modos de se estudarem os fenômenos da vida. Um deles é através da análise científica. Nesse método, primeiro há uma confrontação com o fenômeno que se vai estudar. Pergunta-se como ele funciona, questiona-se sobre a maneira de resolver o problema. Formula-se então uma hipótese de como um fato está relacionado com o outro. Surgem as deduções e as previsões. E finalmente faz-se uma experiência e se o resultado dessa experiência for favorável, pode-se concluir que o caminho está correto e que o método elaborado na hipótese de trabalho corresponde à realidade e é eficiente.

Segundo Cervo & Bervian (1983), o método de pesquisa representa o conjunto de processos que direcionam e ordenam o trabalho do pesquisador em cada uma das etapas necessárias à obtenção dos resultados desejados.

Baseados nos conceitos metodológicos de Polit & Hungler *apud* Machado (1999), a presente pesquisa caracteriza-se como sendo uma pesquisa do tipo experimental, através do método de análise quantitativa.

#### **3.1 Local do Estudo**

O presente estudo foi desenvolvido no Laboratório de Ruído Industrial – LARI do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, situada na cidade de Florianópolis, Estado de Santa Catarina, e também junto ao setor de telemarketing de uma empresa de telefonia de Santa Catarina, cujo efetivo total de funcionários é de 1.200 pessoas. A área construída é de 2.000 m<sup>2</sup>. O local é climatizado artificialmente, bem como a iluminação é artificial. Os postos de trabalho têm microcomputador, linha telefônica com fone de cabeça com volume regulável, mesa e cadeira com alturas reguláveis.

#### **3.2 População**

A população alvo deste estudo são operadores de telemarketing, trabalhadores que utilizam fones de ouvido como instrumento de trabalho, cuja idade varia de 18 a 43 anos.



A casuística do presente estudo foi constituída por 32 operadores de telemarketing usuários de fones de ouvido, de ambos os sexos. Dos 32 operadores selecionados 16 trabalham no setor de informações da operadora, denominado genericamente de setor receptivo, sendo 8 indivíduos do primeiro turno e 8 do segundo. Os outros 16 operadores trabalham no setor de vendas da operadora, denominado genericamente de setor ativo, sendo 8 indivíduos do primeiro turno e 8 do segundo. A seleção dos indivíduos que participaram da técnica usando minimicrofone em ouvido real foi realizada aleatoriamente. Assim que foram selecionados, os indivíduos passaram por uma avaliação audiológica e clínica, através de anamnese clínica dirigida a todos os aspectos da saúde geral do indivíduo, como também da saúde auditiva, seguida de otoscopia e audiometria tonal limiar. Permaneceram na amostra os indivíduos que não apresentaram indícios de quaisquer alterações no seu sistema auditivo e/ou indícios de alterações de sua saúde em geral, segundo avaliação clínica. Esses cuidados na seleção da amostra permitiram que se realizassem todos os procedimentos requeridos para as medições necessárias com o máximo de segurança, e também garantiram que problemas de saúde não interfiram nos resultados das medições.

### **3.3 Aspectos Éticos**

Segundo definição da Resolução nº 196, de 10 de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde, pesquisa envolvendo seres humanos é a pesquisa que individual ou coletivamente, envolva o ser humano de forma direta ou indireta, em sua totalidade ou partes dele, incluindo o manejo de informações ou materiais (CNS, Res. 196/96).

Este estudo trata, sem dúvida alguma, de uma pesquisa envolvendo seres humanos, incluindo o manejo de informações de forma direta e indireta. Assim, deverá atender às determinações da resolução, anteriormente citada, devendo, por isso, ser analisado por um Comitê de Ética em Pesquisa devidamente registrado no Ministério da Saúde (Protocolo de aprovação do CEP – Anexo I).

### 3.4 Material e Método

Para melhor delineamento do estudo o trabalho foi segmentado em 2 etapas. Estas, estão descritas pormenorizadamente nos itens que seguem, bem como os materiais (instrumentos) necessários à sua execução e o objetivo de cada uma delas.

#### 3.4.1 Etapa I – Medições em Laboratório

O objetivo desta fase do trabalho foi o de nos certificar de que o método que pretendíamos utilizar nas medições em campo, propostas por este estudo, estava adequado e nos permitiria atingir os objetivos propostos, para isso foi realizado um estudo laboratorial com controle das variáveis e com garantia da reprodutibilidade dos ensaios.

Para a execução desta etapa foi utilizada uma câmara semi-anecóica (5,5m x 5,5m x 2,8m), do Laboratório de Ruído Industrial da Universidade Federal de Santa Catarina (figura da câmara vide anexo 2), simulando um campo livre, onde o ruído de fundo é de baixo nível, ou seja, o ruído de fundo dentro desta câmara não é suficientemente forte a ponto de poder interferir nos resultados das medições, além do que, a estrutura da câmara impede a interferência de ruídos externos nas medições.

Para os testes realizados no interior da câmara semi-anecóica utilizou-se um manequim de cabeça, fabricado de acordo com a recomendação ITU-T P.58 de 03/93, do setor de normatização em Telecomunicações da União Internacional de Telecomunicação (ITU), que trata dos “aparatos com objetivo de medir a qualidade da transmissão em telefones – Simulador de Cabeça para telefonometria” (Figura com dimensões do manequim vide anexo 2).

O manequim foi equipado com um molde de orelha externa adulto, conforme demonstrado nas figuras 4 e 5, feito em silicone para se assemelhar às características da orelha humana e com um simulador de ouvido marca Brüel & Kjær® (figura vide anexo 2), modelo 4157, acoplado a um simulador de conduto auditivo externo, marca Brüel & Kjær®, modelo DB 2012, com amplificador para o microfone, marca Brüel & Kjær®, modelo 2804, fabricados de acordo com a IEC 711-1981 e a ANSI S3.25-1979.



Figura 4. Manequim equipado com o Simulador de ouvido Brüel & Kjaer



Figura 5. Manequim equipado com o molde de orelha externa tamanho adulto

Para a calibração do simulador de ouvido foi utilizado um calibrador tipo pistonfone, marca Brüel & Kjær®, modelo 4228, frequência de 250 Hz e nível de pressão sonora de 114 dB. O amplificador do microfone do simulador de ouvido foi conectado a um computador portátil equipado com um software gerador de ruído e analisador dinâmico de sinais tipo Signal Calc Ace®, que gravou as medições em bandas de terço de oitava dos níveis de pressão sonora produzidos pelos fones de ouvido durante os ensaios.

Para as medições dos níveis de ruído produzidos pelos fones de ouvido, o manequim foi posicionado em local apropriado dentro da câmara semi-anecóica, já equipado com o simulador de ouvido devidamente calibrado, e desta forma foram medidos os níveis de ruído produzidos pelo fone a partir de um sinal conhecido, conforme explicado adiante. Desta forma foram executados os ensaios laboratoriais através da técnica utilizando manequim, conforme descrito na ISO/DIS 11904-2

Para contemplar a parte 1 da norma (ISO/DIS 11904-1), que define o método para a medição dos níveis de ruído produzidos por fones de ouvido em ouvido real, e que consiste na colocação de um minimicrofone no meato acústico externo do indivíduo usuário de fones de ouvido, conhecida por MIRE-Technique (Microphones In Real Ears) ou simplesmente técnica usando microfone em ouvido real, o manequim foi equipado também com um minimicrofone.

Com isso foi possível medir ao mesmo tempo, com o mesmo sinal e com o mesmo fone, o ruído gerado pelo software e apresentado através do fone, por meio das duas técnicas.

O minimicrofone utilizado é da marca DPA, modelo H17546, com amplificador MPS 6010. Tanto o microfone quanto seus equipamentos de conexão atendem aos requisitos da norma IEC 61672. Para a calibração do minimicrofone foi utilizado o calibrador Brüel & Kjær, modelo 4230 na frequência de 1 kHz, de acordo com a norma IEC 60942.

O layout do sistema de medição utilizado na câmara semi-anecóica é apresentado na figura a seguir.

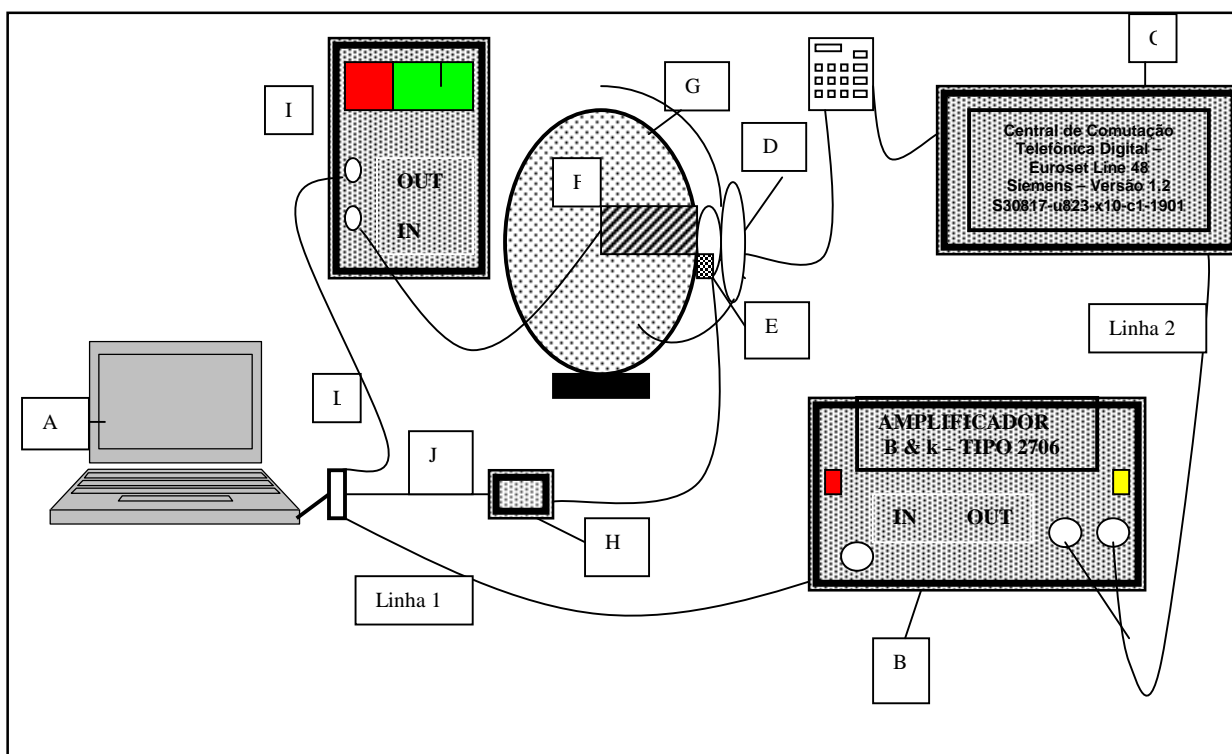


Figura 6. Layout do sistema de Medição Laboratorial

A– Computador com Software gerador e analisador dinâmico de sinais marca Signal Calc; B– Amplificador B&K, tipo 2706; C– Central de Comutação Telefônica Digital – Euroset Line 48, marca Siemens – Versão 1.2, modelo S30817-u823-x10-cl-1901; D- Linha telefônica de recepção do sinal e conexão do head set; E- Minimicrofone, marca DPA, tipo H17546; F- Simulador de ouvido B&K, tipo 4157; G- Menequim; H- Amplificador do Minimicrofone; I- Amplificador do simulador de ouvido; J e L – entradas para o analisador de sinais.

No layout da figura 6 deve ser observado que o ruído branco gerado pelo software (A), é enviado (pela linha 1) a um amplificador de sinais (B). Após a amplificação do sinal, este é enviado (pela linha 2) a uma central telefônica (C) para simular uma ligação externa. O sinal gerado é distribuído da central telefônica para um terminal de telefone comum equipado com

um fone de ouvido (D). O sinal apresentado pelo fone de ouvido é captado pelo minimicrofone(E) posicionado na entrada do canal auditivo do molde de orelha acoplado ao manequim (G) – simulando a técnica de medição em ouvido real e também pelo microfone do simulador de ouvido (F) que também está acoplado ao manequim(G). Do minimicrofone e do microfone do simulador de ouvido o sinal captado passa pelos seus respectivos amplificadores de sinal (H) e (I) e destes, são encaminhados para duas entradas independentes do analisador de sinais, representadas pelas letras (J) e (L), denominadas de “entrada 1” e “entrada 2”.

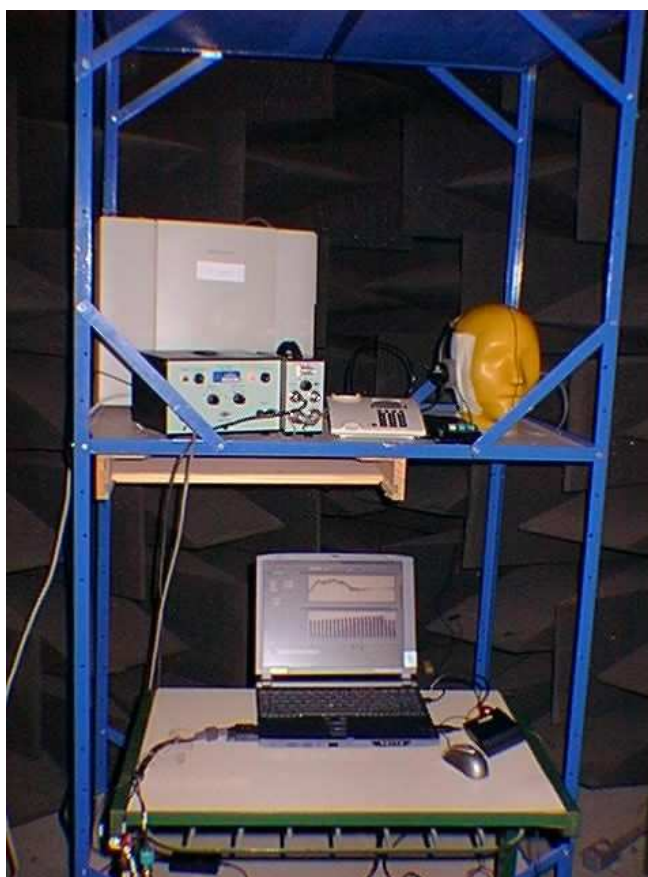


Figura 7. Medições na câmara semi-aneecóica

As medições dos níveis de pressão sonora foram realizadas na câmara semi-aneecóica, em bandas de terço de oitava, e corrigidos para campo livre e então convertidos em nível de pressão sonora ponderado A, conforme descrito na fundamentação teórica, no item ***“Sobre a Norma ISO/DIS 11904”***, deste trabalho.

### 3.4.2 Etapa 2 – Medições em Campo

Nesta etapa é descrito o procedimento de medição no centro de telemarketing de uma empresa de telefonia de Santa Catarina. Neste local utilizamos as duas técnicas de medição descritas na norma ISO/DIS 11904, a técnica utilizando manequim e a técnica em ouvido real, a fim de comparar os seus resultados, atingindo desta maneira os objetivos propostos neste estudo.

Para a execução destas duas técnicas em campo real foi utilizado o mesmo método utilizado na etapa 1, ou seja, para a técnica com manequim, utilizamos o manequim equipado com um simulador de ouvido artificial e com um molde de orelha externa adulta e para as medições em ouvido real, foi colocado um minimicrofone junto ao conduto auditivo de cada um dos indivíduos selecionados para a pesquisa. Além destas duas entradas para captação e análise dos sinais foi adicionado um minimicrofone no meato auditivo externo do molde de orelha externa fixado no manequim, e um microfone fixado a um tripé para captar o ruído do ambiente, durante a medição.

#### 3.4.2.1 Técnica Usando Minimicrofone em Ouvido Real – ISO/DIS 11904-1

A presente técnica consiste na colocação de um minimicrofone no meato acústico externo do indivíduo usuário de fones de ouvido, conhecida por MIRE-Technique (Microphones In Real Ear) ou simplesmente técnica usando microfone em ouvido real.

##### Posicionamento do Minimicrofone na Posição de Teste no Canal Auditivo

De acordo com a norma há três possibilidades para o posicionamento do minimicrofone, das quais foi escolhida a posição denominada de “minimicrofone em canal auditivo aberto”, onde o local ideal de colocação do minimicrofone é entre a entrada do canal auditivo e a membrana timpânica, conforme demonstrado na figura a seguir.

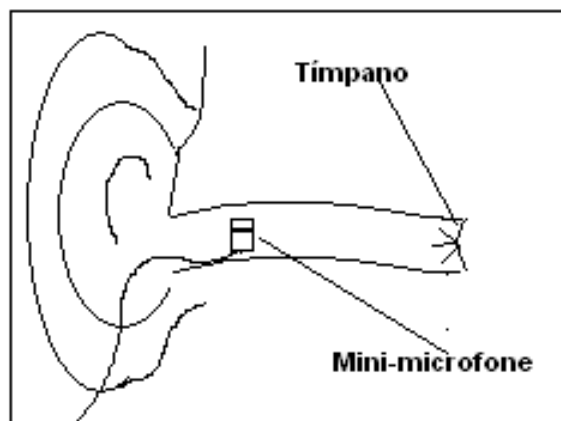


Figura 8 – Colocação do Microfone no canal auditivo externo. Fonte: Examples of ear canal microphones and their mountings - ISO/DIS 11904-1, p. 6.

### Modelo de Minimicrofone

O minimicrofone utilizado é da marca DPA, modelo H17546, com amplificador MPS 6010. Tanto o microfone quanto seus equipamentos de conexão atendem aos requisitos da norma IEC 61672. Para a calibração do minimicrofone foi utilizado o calibrador Brüel & Kjær, modelo 4230 na frequência de 1 kHz e um nível de pressão sonora de 114 dB, de acordo com a norma IEC 60942.

O minimicrofone foi colocado no conduto auditivo externo do teleoperador de acordo com os cuidados especializados requeridos pela técnica, por isso, esse procedimento foi realizado por um fonoaudiólogo com especialização em audiologia (audiologista), conferindo segurança ao procedimento.

### O Sistema de Medição

Com o indivíduo em seu posto real de trabalho foi colocado o minimicrofone na posição escolhida para os testes, conforme descrito anteriormente. O trabalhador foi requisitado a regular os controles de volume do fone de acordo com sua predileção, e, a partir de então, o mesmo executou sua função normalmente. O minimicrofone e o seu respectivo amplificador foram conectados a um computador portátil equipado com um software analisador dinâmico de sinais tipo Signal Calc Ace®, que realizou a medição em bandas de terço de oitava dos níveis de pressão sonora produzidos pelo fone de ouvido durante a situação normal de trabalho.

### 3.4.2.2 Técnica Usando Manequim de Acordo com a ISO/DIS 11904-2

Esta técnica consiste na mensuração dos níveis de pressão sonora produzidos por fones de ouvido, utilizando-se para isso um manequim equipado com um simulador de ouvido.

#### O Sistema de Medição

O manequim foi levado ao local de trabalho do operador de telemarketing, onde recebeu um fone de ouvido de mesma marca e modelo do operador. Os fones, tanto do operador quanto do manequim estavam conectados à mesma linha telefônica a fim de garantir que o mesmo sinal esteja chegando simultaneamente aos dois fones. A partir de então foi realizada a medição do ruído produzido pelos fones através das duas técnicas propostas: a técnica usando microfones no ouvido real (ISO/DIS 11904-1) e a técnica usando manequim (ISO/DIS 11904-2). Na figura 9 encontra-se o layout do sistema de avaliação utilizado nesta etapa do trabalho.



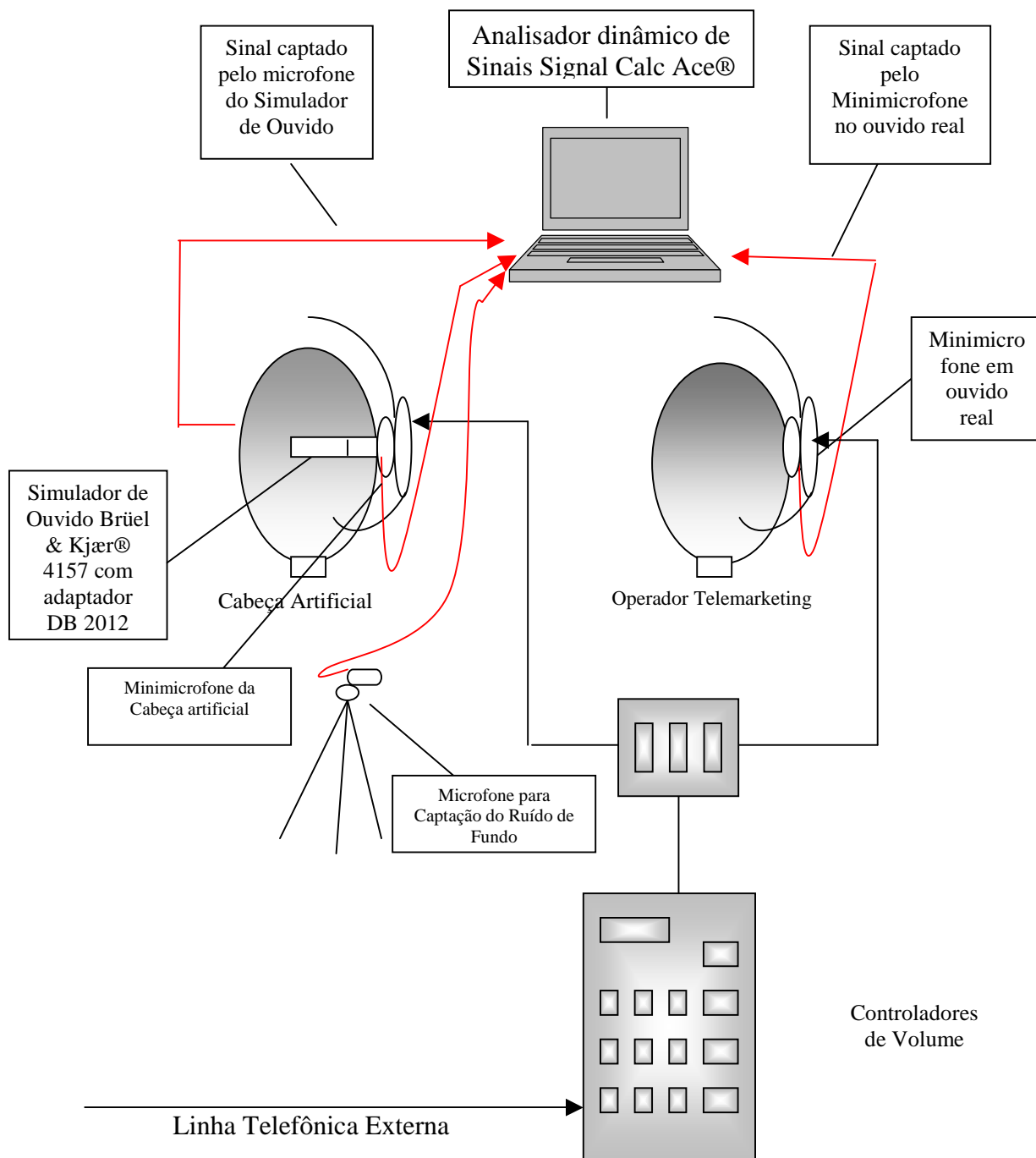


Figura 9. Esquema do sistema de equipamentos para as medições de acordo com a ISO/DIS 11904-1 e 11904-2.

No esquema apresentado na figura 9, o ruído sob teste, que é o próprio sinal que chega à central de telemarketing, pois a medição ocorreu “*in loco*”, entra no sistema através do sistema de telefonia e passa pelo regulador de volume do fone de ouvido. O aparelho de telefone apresenta duas saídas, para 2 fones simultaneamente, sendo um deles acoplado ao

menequim, para a medição através da técnica que preconiza a utilização de um manequim equipado com um simulador de ouvido, descrita na ISO/DIS 11904-2, e o outro ajustado ao operador de telemarketing, que está portando o minimicrofone, conforme descrito anteriormente, a fim de atender às especificações descritas na ISO/DIS 11904-1. Além disso, foi adaptado ao sistema de medição mais um minimicrofone que foi ajustado na cabeça artificial, simulando a técnica em ouvido real e outro microfone externo para mensurar o ruído de fundo presente na sala de operação. Os sinais captados pelos minimicrofones e pelo simulador de ouvido do manequim, foram gravados pelo analisador de sinais em nível de pressão sonora em bandas de frequência de terço de oitava.

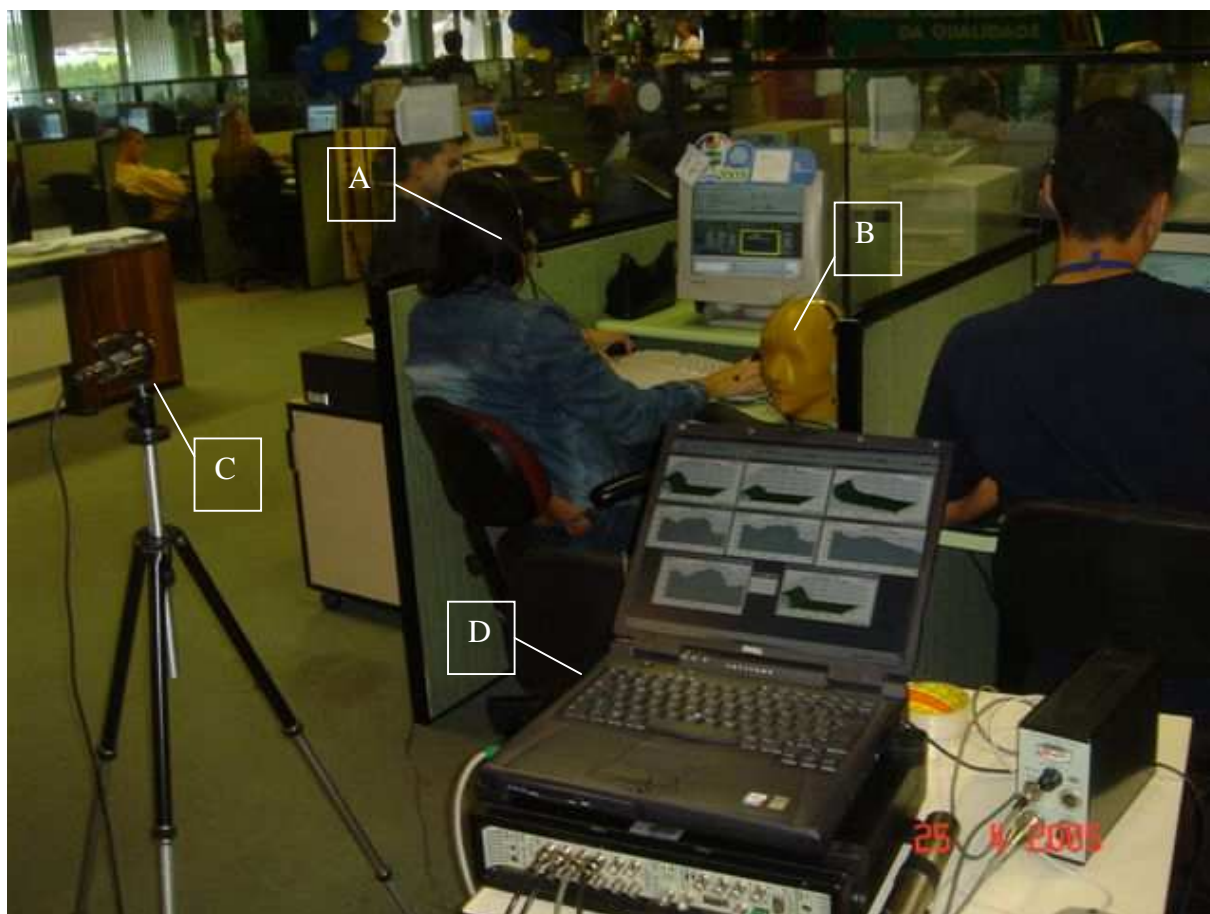


Figura 10. Sistema de medição “in loco”.

Na figura 10, em “A” temos a operadora de telemarketing portando o seu fone e acoplado à sua orelha externa o minimicrofone, conforme descrito na técnica para medição em ouvido real. Em “B” temos o manequim equipado com o simulador de ouvido, o qual está portando também um fone de ouvido com cópia do sinal recebido pelo fone da operadora, e

abaixo do fone, também junto ao molde de orelha externa encontra-se um minimicrofone, simulando a técnica em ouvido real. Em “C”, demonstra-se o tripé com microfone externo que captou o ruído de fundo (do ambiente). Em “D” apresenta-se o sistema de entrada e análise dos sinais captados nas medições.

O tempo de medição foi determinado de modo a ser realmente representativo da exposição real. Segundo a norma ISO/DIS 11904, para bandas de frequência de terço de oitava com frequência central  $f$ , o tempo  $t$  deverá ser um intervalo de tempo representativo da exposição que poderá ser determinado aplicando-se a expressão abaixo:

$$t \geq \frac{5000}{f} \quad \text{para } f \leq 2.000 \text{ Hz}$$

e

$$t \geq 2,5 \text{ s} \quad \text{para } f > 2.000 \text{ Hz}$$

Então, como a faixa de frequência a ser testada no presente estudo está compreendida entre 100 Hz e 4 kHz, o maior tempo de medição será necessário para realizar as medições na menor frequência, ou seja, 100 Hz.

$$t \geq \frac{5000}{100 \text{ Hz}} = 50 \text{ segundos}$$

Como o tempo mínimo necessário para realizar as medições na frequência de 100 Hz é de 50 segundos, o tempo de medição para todas as frequências será de 60 segundos, respeitando-se o tempo mínimo adequado de acordo com a norma, para as diferentes faixas de frequência testadas.

Após terem sido realizadas as coletas de dados em campo, ou seja, após a realização das medições dos níveis de pressão sonora a que os operadores de telemarketing estão expostos, através das duas técnicas: a técnica usando microfones no ouvido real (ISO/DIS 11904-1) e a técnica usando manequim (ISO/DIS 11904-2), cada um dos níveis das bandas de terço de oitava, foram ajustados com a resposta em frequência para campo difuso ( $\Delta L_{DF, f}$  para ouvido real e  $DL_{DF, f}$  para o manequim), para obter os níveis de pressão sonora correspondentes apresentados em bandas de terço de oitava em campo difuso. Esses níveis em bandas de terço de oitava foram ainda ajustados usando a curva de ponderação A, que é a escala que corresponde à melhor sensibilidade da audição humana e é a forma usual para a

estimativa das exposições ao ruído em ambientes laborais, e subseqüentemente foram combinados para obter o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado A relacionado ao campo difuso,  $L_{DF, Aeq}$ . Para os ajustes foram utilizadas as tabelas apresentadas nos quadros 2 e 3, apresentados na fundamentação teórica.

Ao final das medições foi realizada a comparação entre os resultados obtidos através das duas técnicas, que serão apresentados nos capítulos subseqüentes, sendo também realizada a análise de incerteza das medições.

## 4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DAS MEDIÇÕES LABORATORIAIS

Para a certificação de que o método que se utilizaria nas medições em campo, proposto neste estudo, estaria adequado e permitiria atingir os objetivos propostos, foi realizado um estudo com medições laboratoriais com controle das variáveis e com garantia da reprodutibilidade dos ensaios.

Os testes descritos foram realizados no interior da câmara semi-anecóica do laboratório de vibrações e acústica da Universidade Federal de Santa Catarina. O manequim devidamente equipado com o simulador de ouvido e molde de orelha externa e um indivíduo no qual se inseriu um minimicrofone no conduto auditivo externo, foram submetidos à medição do ruído apresentado pelos fones de ouvido sob teste. O sinal de ruído apresentado através dos fones, foi um ruído branco de banda larga gerado de forma contínua e enviado até uma central telefônica local exclusiva para este fim, que por fim enviou o sinal ao sistema telefônico e ao fone que foi fixado ao manequim e ao indivíduo sob teste, conforme já descrito na “Etapa I” no capítulo que trata dos procedimentos metodológicos (capítulo 3).

Os níveis de pressão sonora foram captados pelo minimicrofone em ouvido real e pelo simulador de ouvido do manequim e medidos em bandas de terço de oitava, na faixa de frequência de 100 a 4000 Hz, pelo analisador de sinais. Cada teste foi composto por três medições consecutivas, através das quais foi calculada a média das medições e corrigidos os resultados para campo livre e depois ponderados pela curva A, conforme recomendação da norma ISO/DIS 11904, partes 1 e 2.

Para relembrar, nas correções dos resultados medidos para campo livre e com ponderação A, foram utilizados os valores das tabelas apresentadas nos quadros 1, 2 e 3 na fundamentação teórica, e, posteriormente calculado o nível total equivalente de exposição, também recomendada pela norma ISO/DIS 11904, através da expressão abaixo.

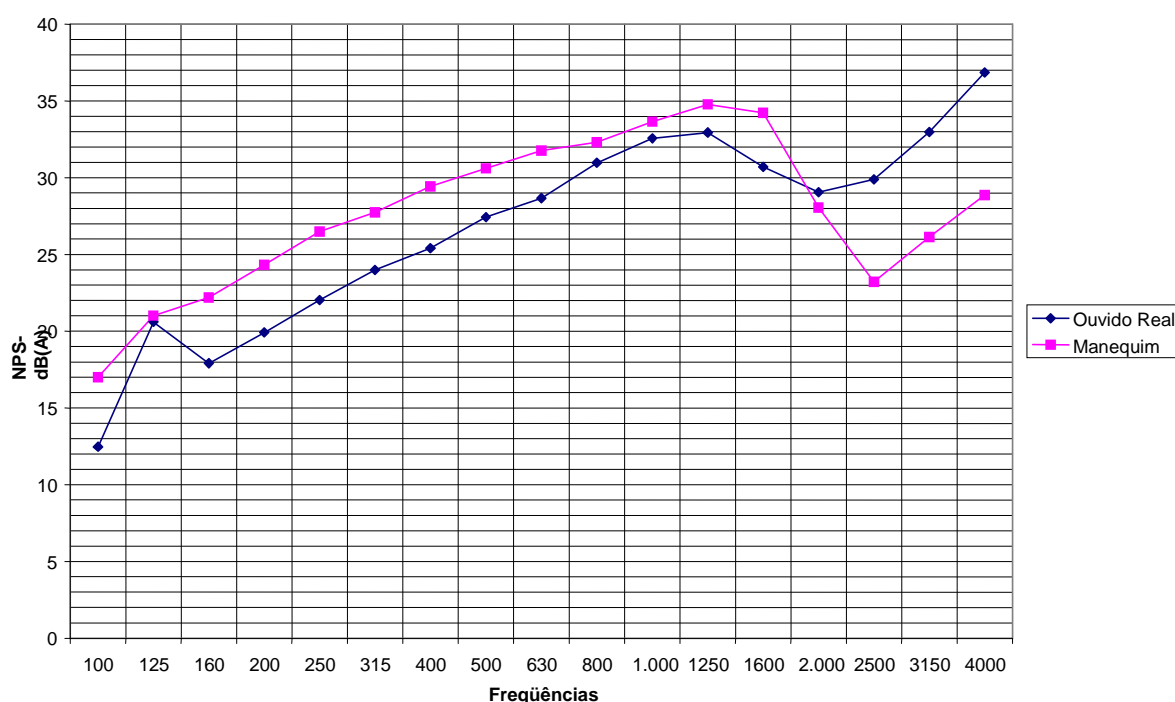
$$L_{FF,Aeq} = 10 \log \left\{ \sum_f 10^{(L_{FF,f} + A_f) / 10} \right\} \text{ dB}$$

Apesar de estar no interior de uma câmara semi-anecóica, sempre há um ruído de fundo gerado pela presença de pessoas, equipamentos em funcionamento, etc., por isso,

assim que foi montado todo o sistema de medição devidamente calibrado, foi realizada uma medição dos níveis de ruído do interior desta câmara, captados pelo minimicrofone já posicionado no ouvido do indivíduo e pelo microfone do simulador de ouvido do manequim, para certificar de que o nível de pressão sonora existente nesse ambiente não fosse interferir no sinal gerado a ser medido.

No gráfico 1 apresentam-se os resultados da medição do ruído de fundo da câmara semi-anecóica.

**Gráfico 1 - Níveis de Pressão Sonora em dB(A) do Ruído de Fundo da Câmara Semi-**

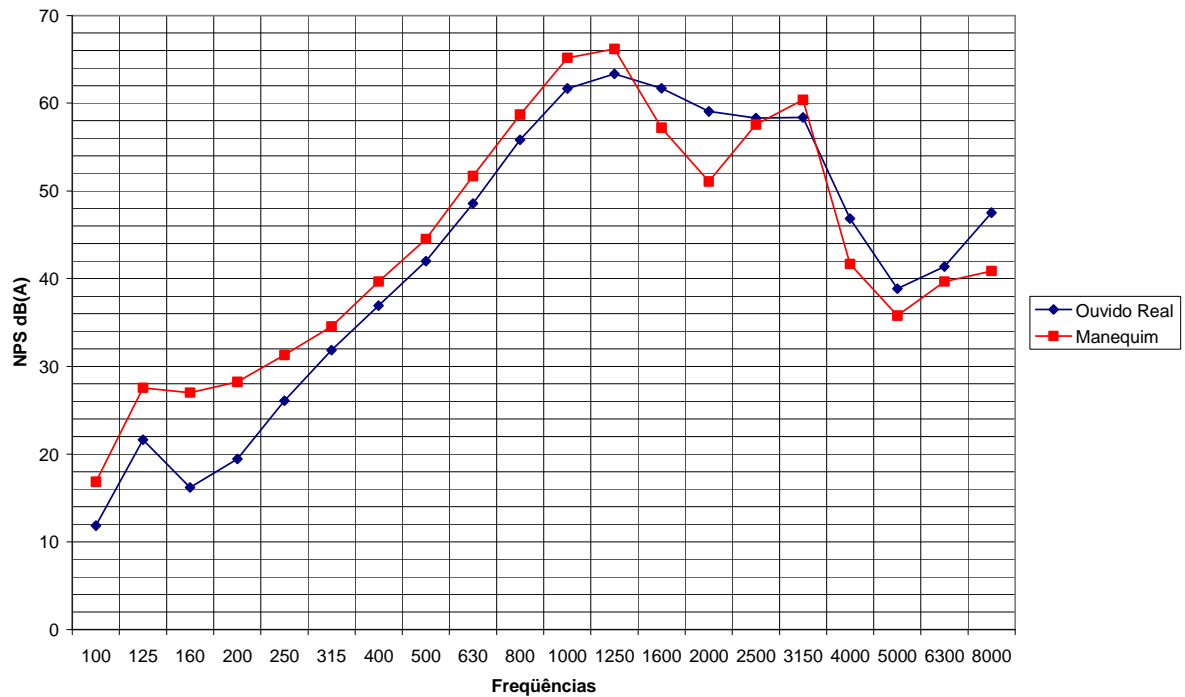


No gráfico 1 é possível observar que o ruído de fundo existente na câmara semi-anecóica é baixo, em torno de 34,76 dB como nível máximo para a frequência de 1,25 kHz, não podendo portanto provocar amplificação do ruído sob teste e prejudicar as medições realizadas naquele ambiente.

O modelo de fone utilizado apresenta regulação de volume, por isso foram realizados testes nos níveis de volume mínimo, médio e máximo, através das duas técnicas preconizadas pela norma ISO/DIS 11904, técnica em ouvido real e técnica em manequim.

No gráfico 2 são apresentados os resultados dos testes realizados no volume mínimo, para as duas técnicas – ouvido real e manequim.

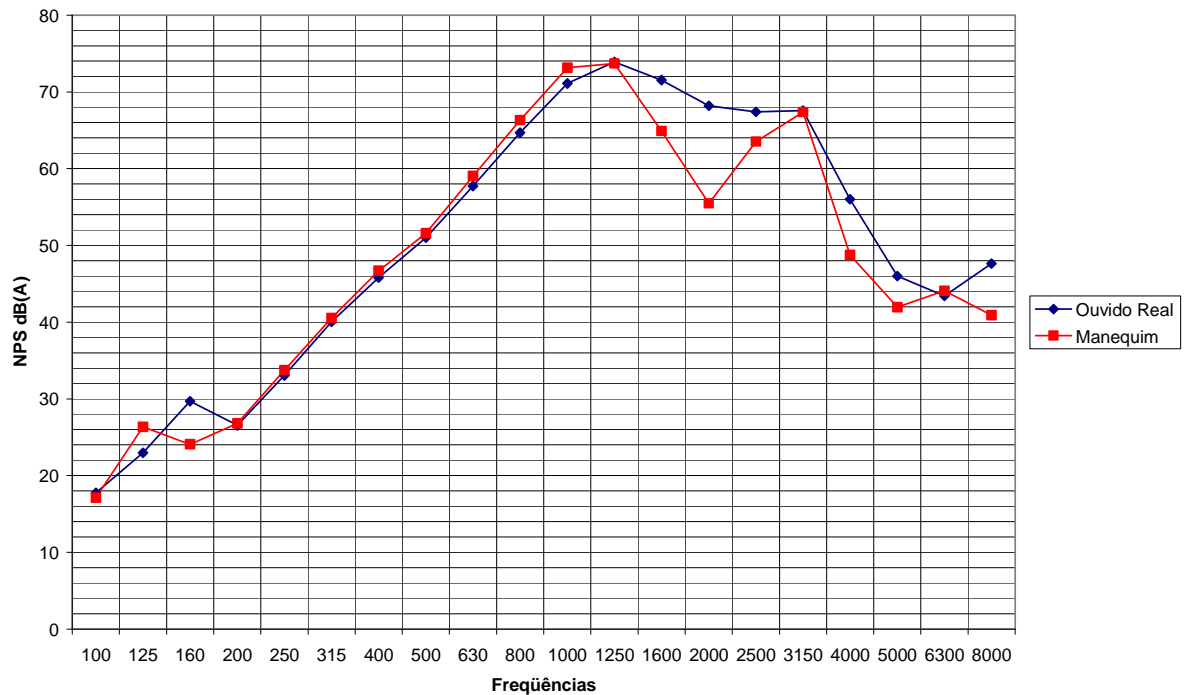
**Gráfico 2. Resultados das Medições através da Técnica em Ouvido Real x Técnica em Manequim - com HeadSet Plantronics no volume mínimo**



Os resultados obtidos através das duas técnicas apresentam-se lineares porém com uma pequena diferença nos níveis de pressão sonora medidos, exceto na frequência de 2.000 Hz, a qual apresenta uma variação também pequena porém significativa de aproximadamente 8 dB.

No gráfico 3, são apresentados os resultados das medições realizadas nas mesmas condições, porém com o nível de regulagem de volume do fone no nível médio.

**Gráfico 3. Resultados das Medições através da Técnica em Ouvido Real x Técnica em Manequim - com HeadSet Plantronics no volume médio**

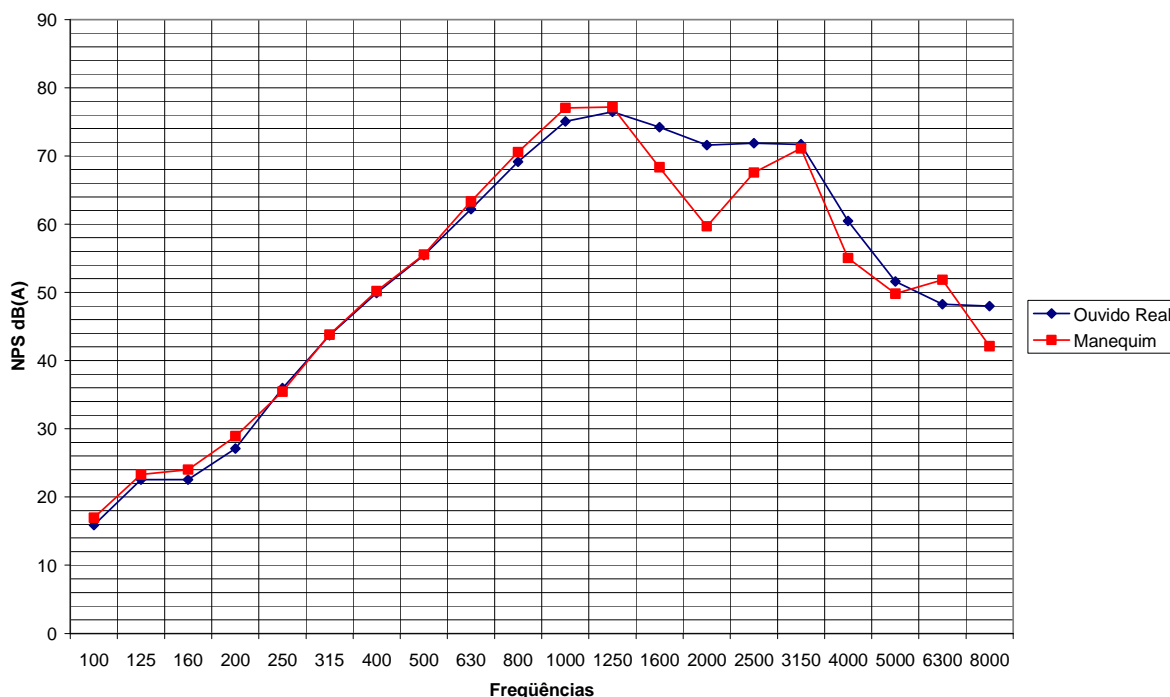


Os resultados obtidos através das duas técnicas, apresentados no gráfico 3, apresentaram-se muito coerentes, porém a exemplo do ocorrido com os resultados obtidos no nível mínimo, há uma variação pequena porém significativa de aproximadamente 12 dB, na frequência de 2.000 Hz.



No gráfico 4, são apresentados os resultados das medições realizadas no nível máximo de regulagem de volume do fone sob teste.

**Gráfico 4. Resultados das Medições através da Técnica em Ouvido Real x Técnica em Manequim - com HeadSet Plantronics no volume máximo**



Os resultados obtidos através das duas técnicas, medição em ouvido real e medição em manequim, apresentados no gráfico 4, apresentaram-se muito coerentes, porém a exemplo do ocorrido com os resultados obtidos nos níveis anteriores, há uma variação pequena porém significativa de aproximadamente 11 dB, na frequência de 2.000 Hz.

É preciso considerar alguns pontos antes de se realizar quaisquer conclusões a respeito dos dados apresentados. Primeiro, é preciso considerar que há muitas variações morfológicas entre as estruturas anatômicas do sistema auditivo de uma e outra pessoa. Segundo, para a correção dos níveis de pressão sonora medidos tanto pelo minimicrofone na técnica de medição em ouvido real, quanto pelo microfone do simulador de ouvido da técnica em manequim, foi utilizada uma tabela de correção que foi elaborada a partir da média de variações entre uma determinada população amostral, e que ainda permite uma variação para mais ou para menos. E terceiro, a medição que realizamos em laboratório foi com uma única pessoa. Portanto essa conjunção de fatores

pode explicar em parte a diferença no resultado das medições para a frequência de 2.000 Hz entre as duas técnicas. Para lembrar, Gierlich (2002) comenta que o mesmo tipo de fone de ouvido usado por diferentes pessoas podem produzir níveis de pressão sonora significativamente diferentes em cada um dos ouvintes, dependendo da geometria individual, da impedância, do modelo do fone, e do posicionamento deste no ouvido.

O objetivo desta etapa do trabalho era viabilizar o sistema para as medições, familiarizar o doutorando nos modos de calibrações exigidos, executar cada um dos passos descritos nas técnicas, observando particularidades e dificuldades e por fim comprovar que o método que será aplicado seria capaz de dar conta das medições a serem realizadas em campo, a fim de respondermos melhor a questões como a diferença na frequência de 2.000 Hz observadas nas medições laboratoriais. Devido aos resultados bastante coerentes obtidos através das duas técnicas de medição executadas em laboratório, nos é possível comprovar a eficácia do método proposto, e a partir de então partir para a aplicação do mesmo em campo real para posteriormente realizar a discussão e a contraposição dos resultados com a literatura estudada a fim de atingir os objetivos propostos por este trabalho.

## **5. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS EM CAMPO REAL**

### **5.1 Introdução**

Segundo a Associação Brasileira de Ergonomia – ABERGO (2.000), a ergonomia objetiva modificar os sistemas de trabalho para adequar as atividades neles existentes às características, habilidades e limitações das pessoas com vistas ao seu desempenho eficiente, confortável e seguro. Enquanto Couto (1995), define a ergonomia como um conjunto de ciências e tecnologias que procura a adaptação confortável e produtiva entre o ser humano e seu trabalho, basicamente procurando adaptar as condições de trabalho às características do ser humano.

De acordo com Iida (1997), as contribuições da ergonomia para introduzir melhorias em situações de trabalho dentro de empresas podem variar, conforme a etapa em que elas ocorrem e também conforme a abrangência com que é realizada. De acordo com a ocasião em que é feita, é classificada em ergonomia de concepção, ergonomia de correção e ergonomia de conscientização. Para o autor a ergonomia de concepção ocorre quando a contribuição ergonômica se faz durante a fase inicial de projeto do produto, da máquina ou do ambiente. A ergonomia de correção é aplicada em situações reais, já existentes, para resolver problemas que se refletem na segurança, fadiga excessiva, em doenças do trabalhador ou na quantidade ou qualidade da produção. E por fim, a ergonomia de conscientização, aplica-se quando os problemas ergonômicos não são completamente solucionados, em nenhuma das fases anteriores, e visa basicamente orientar o trabalhador quanto às formas de evitar acidentes e como proceder quando estes ocorrem.

O presente estudo está diretamente relacionado à ergonomia de correção, pois quando tratamos de testar metodologias que visam a correta avaliação da exposição ao ruído ocupacional dos operadores de telemarketing, um dos setores da economia que mais cresce na atualidade, no qual uma parcela importante dos trabalhadores está sujeita a danos à sua saúde, estamos fornecendo indiretamente subsídios para os ergonomistas e para as equipes de medicina e segurança do trabalho realizarem uma correta análise deste posto de trabalho, permitindo um estudo mais abrangente da interface homem-máquina, até então dificultada pela falta de uma metodologia coerente e segura no que diz respeito à medição da exposição ao ruído.

Visando responder os problemas de pesquisa, e atender ao objetivo geral deste trabalho, este capítulo destina-se à comparação dos resultados obtidos na medição do ruído a que estão expostos os operadores de telemarketing, através da aplicação das duas técnicas simultaneamente.

Participaram deste estudo 32 operadores de telemarketing usuários de fones de ouvido, de ambos os sexos. Dos 32 operadores selecionados 16 trabalham no setor de informações da operadora, denominado genericamente de “setor receptivo”, sendo 8 indivíduos do primeiro turno e 8 do segundo. Os outros 16 operadores trabalham no setor de vendas da operadora, denominado genericamente de “setor ativo”, sendo 8 indivíduos do primeiro turno e 8 do segundo. A seleção dos indivíduos que participaram da técnica usando minimicrofone em ouvido real foi realizada aleatoriamente, de acordo com a disponibilidade e aceite pessoal do termo de consentimento livre e esclarecido, sendo eliminado da amostra indivíduos com patologias relacionadas ao sistema auditivo, identificadas após avaliação clínica realizada por um fonoaudiólogo.

## 5.2 Características do Processo de Medição

Para o início das medições os equipamentos foram instalados e devidamente calibrados de acordo com as descrições relatadas nos procedimentos metodológicos. O manequim foi posicionado próximo ao operador, no seu posto de trabalho. Foi realizada a conexão do fone de ouvido do manequim junto ao equipamento portado pelo operador para que se conseguisse uma cópia idêntica do sinal recebido pelo operador, assim o mesmo sinal foi medido através da técnica com minimicrofone em ouvido real e através da técnica com manequim simultaneamente.

Após as devidas conexões o operador foi orientado a realizar as regulagens do aparelho receptor da maneira usualmente ajustada, a um nível de volume confortável. Para cada um dos operadores foram realizadas 5 medições consecutivas.

Os níveis de ruído foram medidos em bandas de terço de oitava, sendo posteriormente ajustados com a resposta em frequência para campo difuso ( $\Delta L_{DF,f}$  para ouvido real e  $DL_{DF,f}$  para o manequim), para obter os níveis de pressão sonora correspondentes apresentados em bandas de terço de oitava em campo difuso. Esses níveis em bandas de terço de oitava foram ainda ajustados usando a curva de ponderação A, que é a escala que corresponde à melhor sensibilidade da audição humana.



Fig. 11 – Disposição do manequim para as medições nos postos de trabalho

O objetivo principal desta etapa do trabalho é realizar a comparação entre os níveis de ruído medidos através das duas técnicas descritas (técnica com minimicrofone em ouvido real e técnica com manequim equipado com simulador de ouvido). Porém, para melhor compreensão de outros fatores que possam influenciar nas medições adicionou-se ao sistema mais dois microfones, sendo um deles um minimicrofone ajustado junto ao molde de orelha externa do manequim, simulando junto a este a técnica em ouvido real e outro microfone para medir o ruído de fundo do ambiente.

Ao final das 5 medições consecutivas para cada um dos indivíduos foi calculado o nível contínuo equivalente de exposição em NPS-dB(A), conforme descrito nos procedimentos metodológicos, cujos resultados foram plotados em gráficos com quadros para melhor visualização.

Maiores detalhes a respeito da metodologia das medições, reporte-se ao capítulo 3 onde foram descritos detalhadamente os procedimentos metodológicos.

### 5.3 Resultados das Medições do Setor Receptivo Turno 1

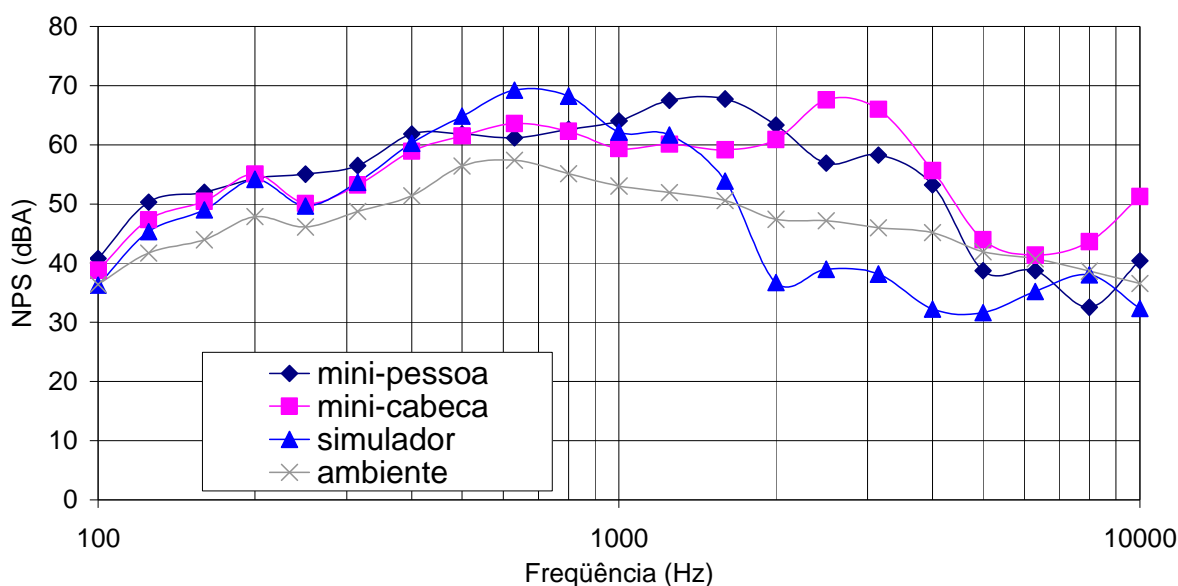
Na sequência serão apresentados os gráficos com os resultados de uma das 5 medições realizadas para cada um dos 8 sujeitos da amostra. Os demais gráficos com os resultados das outras 4 medições encontram-se no anexo 3, a fim de se evitar repetições desnecessárias ao deslinde do trabalho.

Os indivíduos que fazem parte desta amostra trabalham no turno 1, onde o número de ligações recebidas é menor em relação ao turno 2. Este é o setor denominado de “*informações e auxílio à lista – 102*”. Todos os comentários a respeito dos resultados serão relativos à comparação entre os obtidos através da técnica com minimicrofone em ouvido real e através da técnica com manequim, apesar de nos gráficos existir ainda uma curva referente aos níveis de ruído de fundo (ambiente), destinada a fins de comparação.

Nos demais gráficos relativos aos resultados das medições apresentados no anexo 3, a exemplo do gráfico dos resultados da medição 1 do indivíduo A, apresenta-se além dos níveis de ruído medidos através das duas técnicas anteriormente descritas, dados referentes ao ruído de fundo (ambiente) e dados referentes a outro minimicrofone acoplado ao molde de orelha externa do manequim simulando a técnica de minimicrofone em ouvido real.

#### Indivíduo A – medição 1

**Gráfico 5 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**

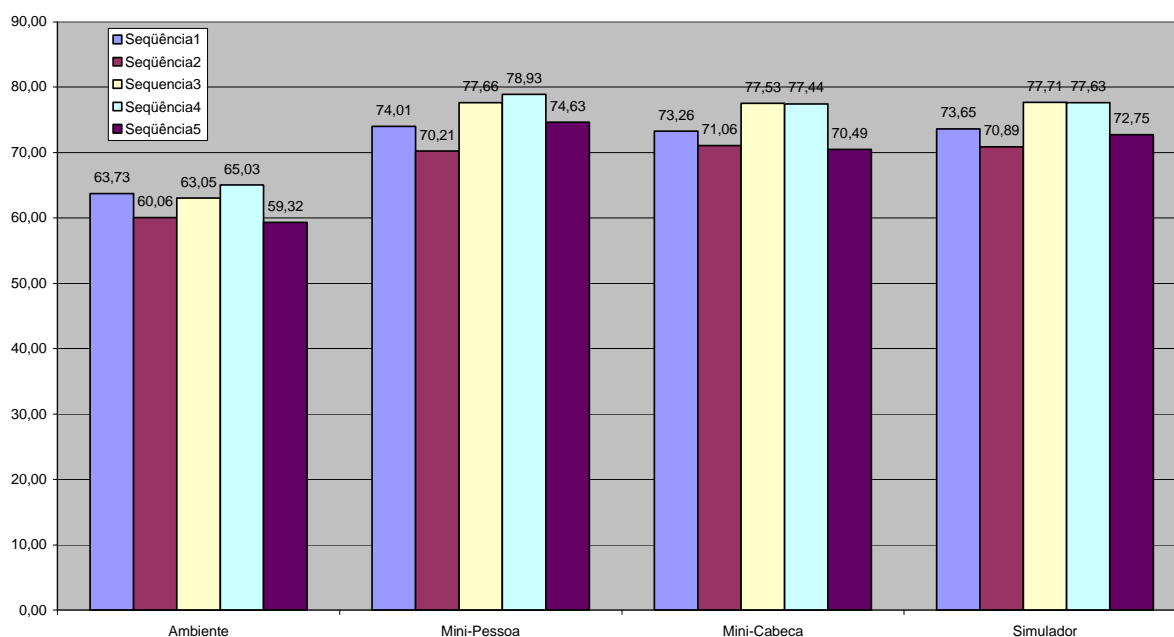


No gráfico 5, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 200 Hz, com um nível de 0,15 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 2.000 Hz, com um nível de 26,62 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 6,00 dB(A).

**\*Observação: descrição da legenda do gráfico**

- mini-pessoa – corresponde aos níveis de pressão sonora medidos pela técnica de medição com minimicrofone em ouvido real – ISO/DIS 11904-1.
- mini-cabeça – corresponde aos níveis de pressão sonora medidos pelo minimicrofone ajustado ao molde de orelha externa do manequim, simulando a técnica em ouvido real.
- simulador – corresponde aos níveis de pressão sonora medidos pela técnica de medição com manequim – ISO/DIS 11904-2.
- ambiente – corresponde aos níveis de pressão sonora do ruído de fundo (ambiente).

**Gráfico 6 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo A**

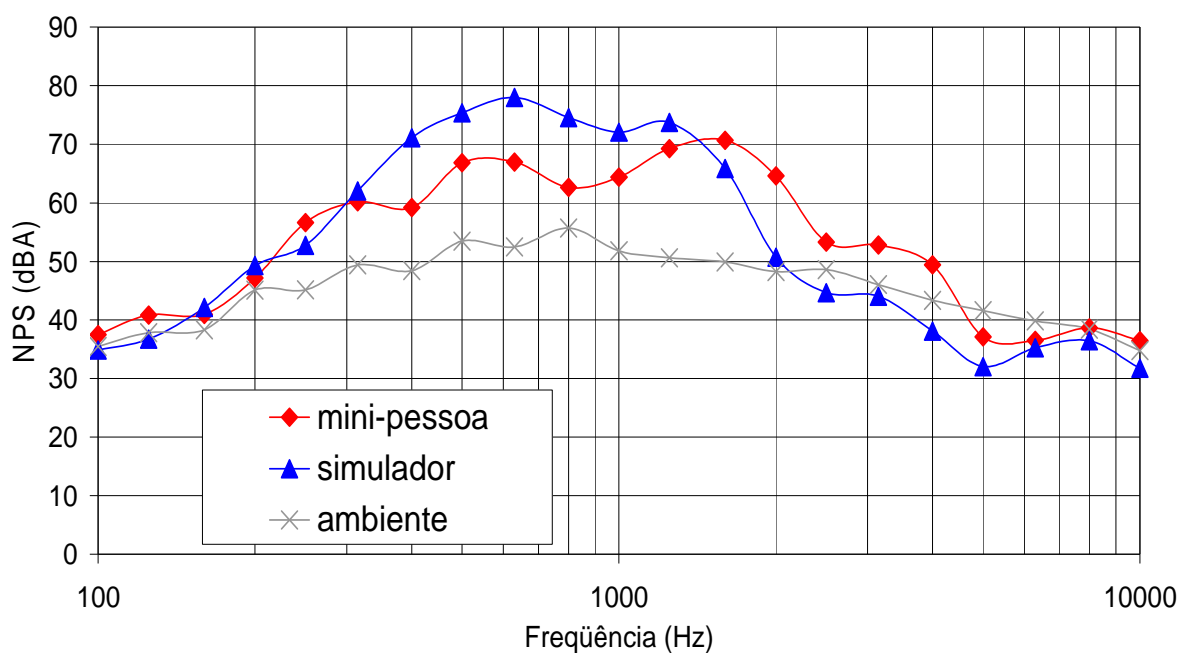


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeça	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real	Diferença minicabeça - Minipessoa
63,73	74,01	73,26	73,65	-0,35	-0,75
60,06	70,21	71,06	70,89	0,69	0,86
63,05	77,66	77,53	77,71	<b>0,05</b>	<b>-0,13</b>
65,03	78,93	77,44	77,63	-1,30	-1,49
59,32	74,63	70,49	72,75	<b>-1,88</b>	<b>-4,13</b>
			<b>MÉDIAS</b>	<b>-0,56</b>	<b>-1,13</b>

No gráfico 6 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo A deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 0,05 dB(A) e -1,88 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 0,56 dB(A).

### Indivíduo B – medição 1

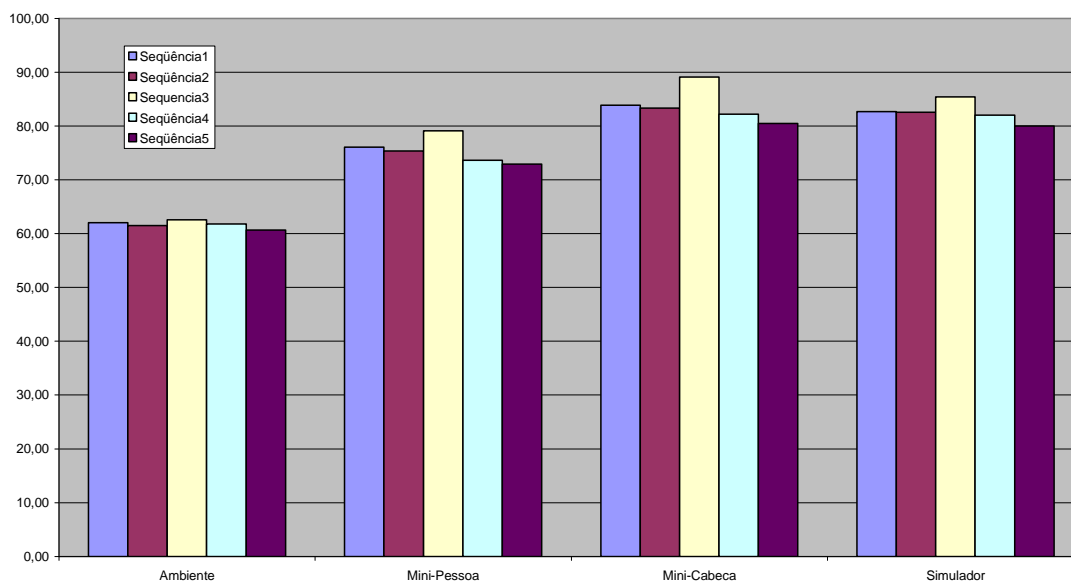
**Gráfico 7 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**





No gráfico 7, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 160 Hz, com um nível de 1,14 dB(A) a menos medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 2.000 Hz, com um nível de 13,85 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 0,49 dB(A).

**Gráfico 8 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo B**

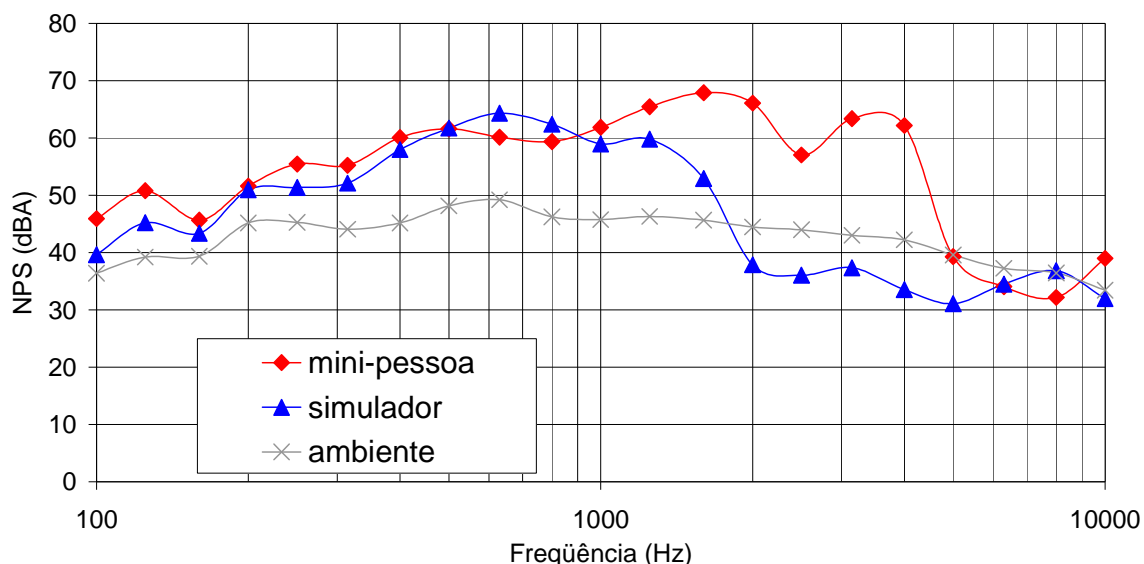


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
62,06	76,06	83,91	82,68	6,61
61,48	75,37	83,31	82,53	7,16
62,60	79,12	89,07	85,42	<b>6,31</b>
61,75	73,64	82,17	82,00	<b>8,36</b>
60,69	72,91	80,50	80,01	7,10
			<b>Média</b>	<b>7,11</b>

No gráfico 8 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo B deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 6,31 dB(A) e 8,36 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 7,11 dB(A).

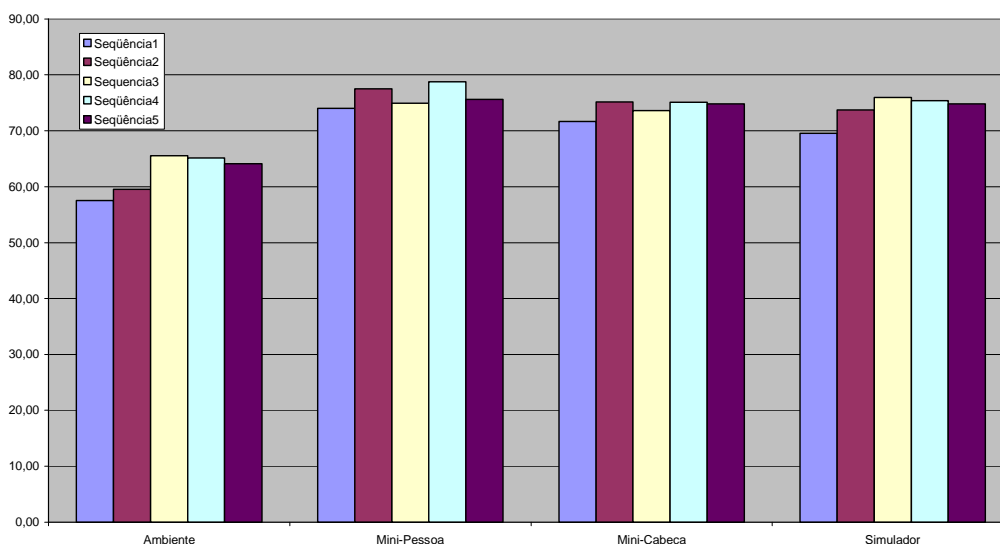
### Indivíduo C – medição 1

**Gráfico 9 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 9, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 500 Hz, com um nível de 0,12 dB(A) a menos medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 4000 Hz, com um nível de 28,66 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 7,35 dB(A).

**Gráfico 10 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo C**

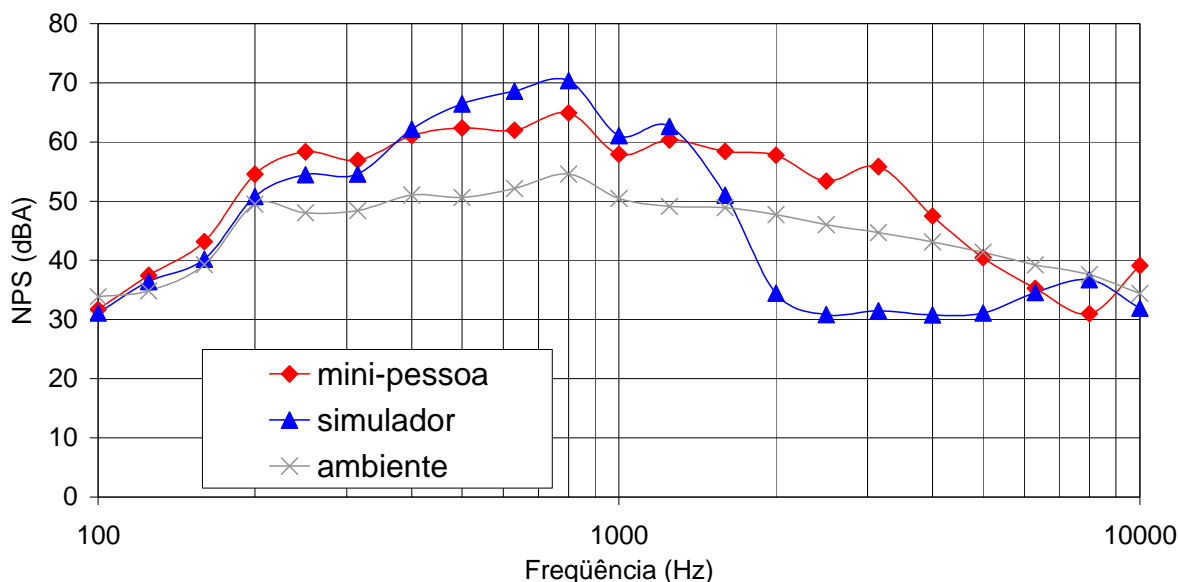


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
57,52	73,98	71,66	69,55	<b>-4,43</b>
59,56	77,53	75,19	73,70	-3,82
65,56	74,96	73,60	75,94	0,98
65,17	78,76	75,10	75,39	-3,37
64,15	75,63	74,80	74,84	<b>-0,79</b>
			<b>Média</b>	<b>-2,29</b>

No gráfico 10 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo C deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de -0,79 dB(A) e -4,43 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a -2,29 dB(A).

### Indivíduo D – medição 1

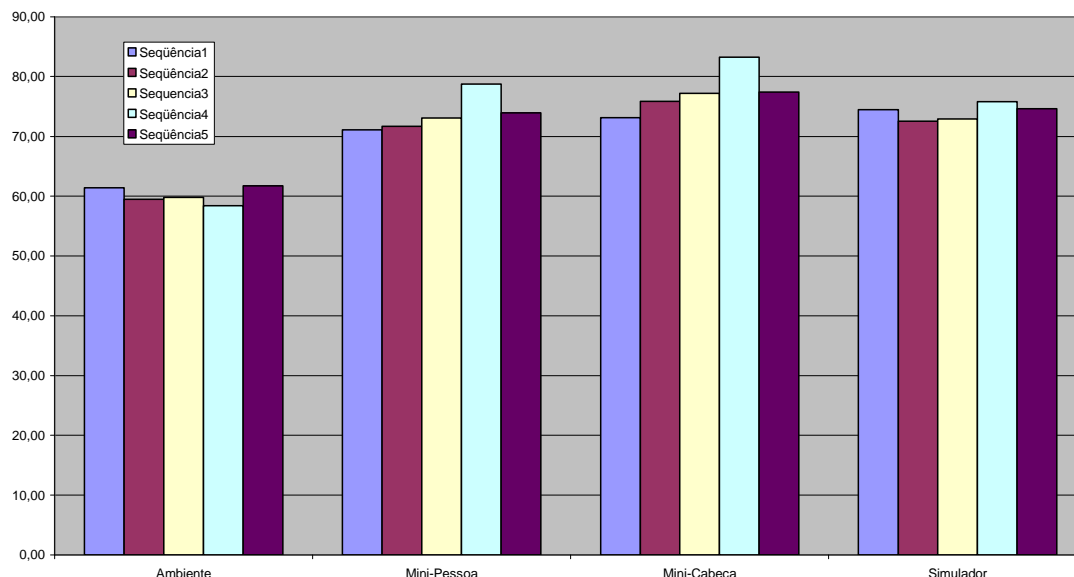
**Gráfico 11 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 11, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 100 Hz, com um nível de 0,61 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 3.150 Hz, com um nível de 24,38

dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 4,65 dB(A).

**Gráfico 12 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo D**

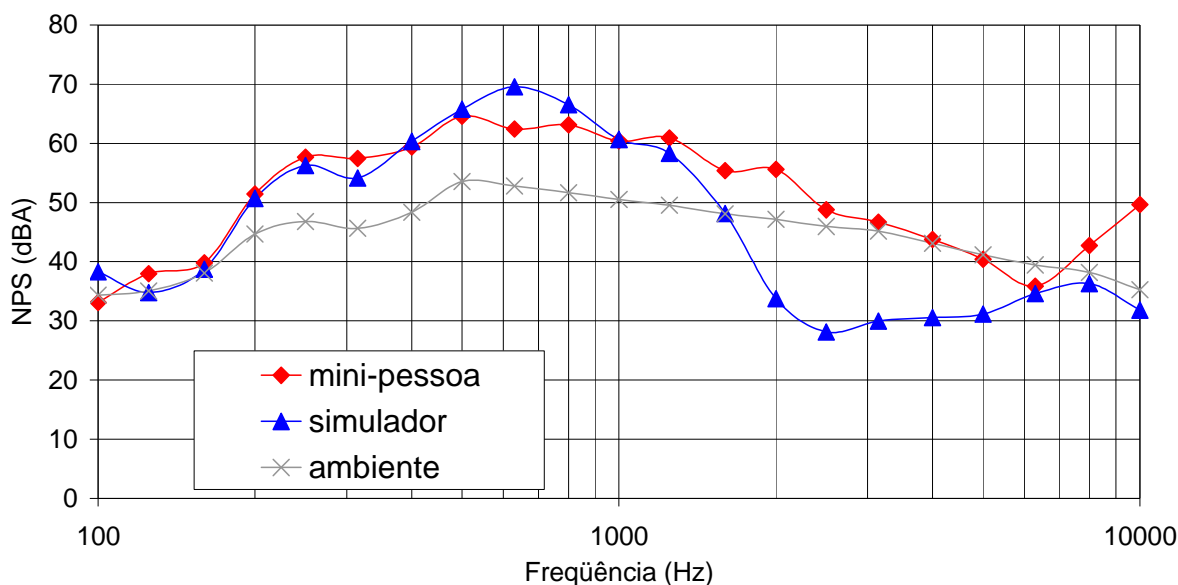


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
61,40	71,08	73,14	74,49	3,40
59,49	71,65	75,89	72,53	0,88
59,80	73,12	77,21	72,95	-0,17
58,39	78,78	83,25	75,78	-3,00
61,71	73,94	77,39	74,63	0,69
			<b>Média</b>	<b>0,36</b>

No gráfico 12 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo D deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de -0,17 dB(A) e 3,40 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 0,36 dB(A).

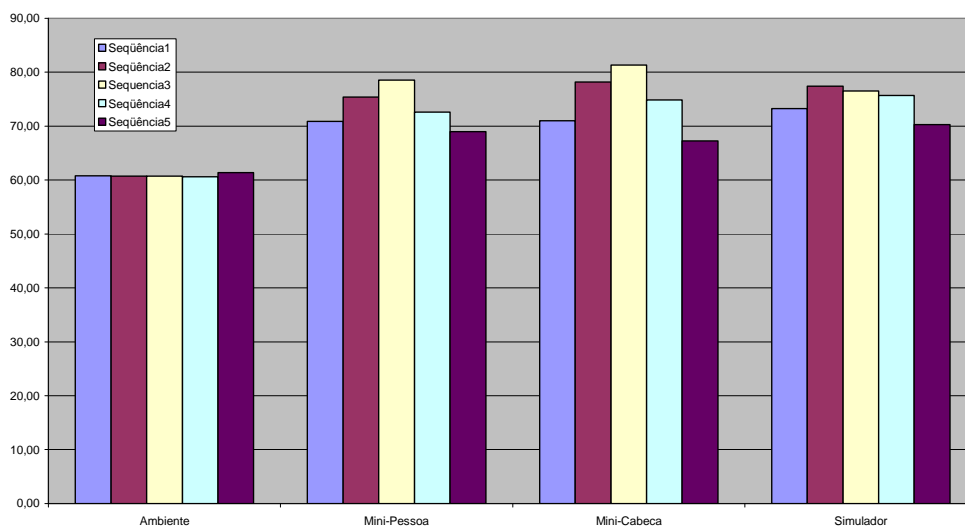
### Indivíduo E – medição 1

**Gráfico 13 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 13, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 1.000 Hz, com um nível de 0,23 dB(A) a menos medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 2.000 Hz, com um nível de 21,83 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 5,18 dB(A).

**Gráfico 14 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo E**

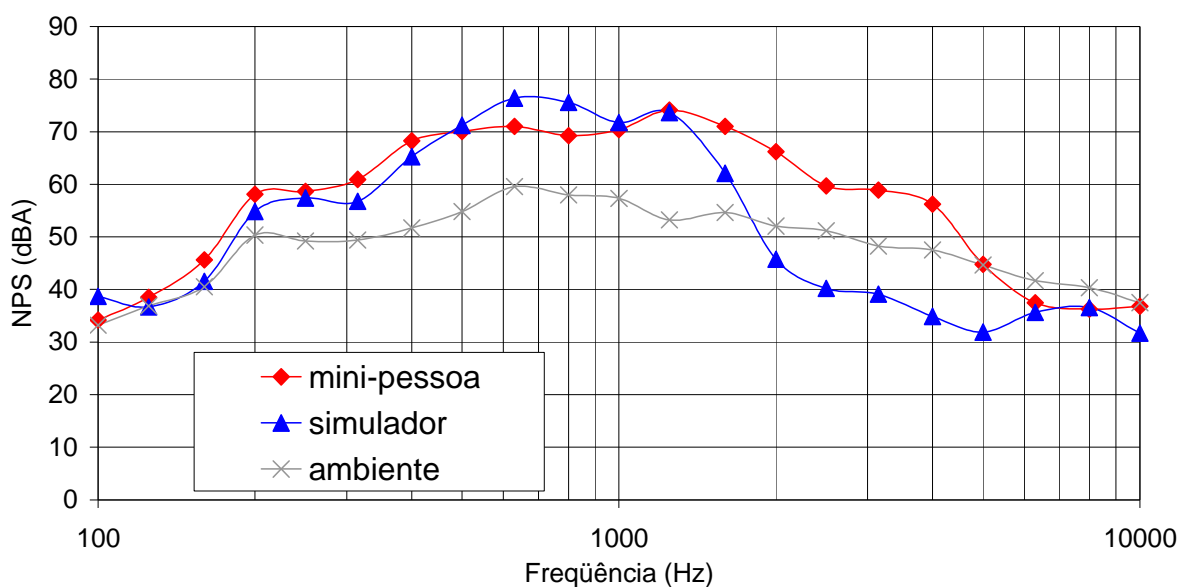


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
60,79	70,85	71,00	73,25	2,40
60,71	75,40	78,19	77,43	2,03
60,75	78,50	81,35	76,53	-1,98
60,60	72,58	74,87	75,69	<b>3,11</b>
61,36	68,98	67,28	70,28	<b>1,31</b>
			<b>Média</b>	<b>1,37</b>

No gráfico 14 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo E deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 1,31 dB(A) e 3,11 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 1,37 dB(A).

### Indivíduo F – medição 1

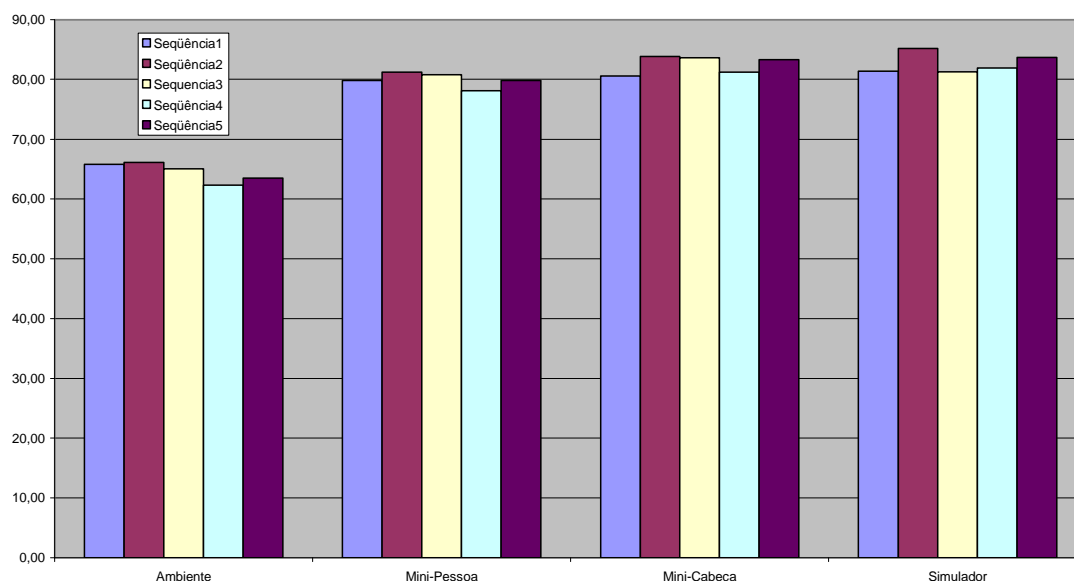
**Gráfico 15 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 15, os resultados demonstram que as diferenças mínimas entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreram nas frequências de 1250 Hz e 8000 Hz, com níveis de 0,42 dB(A) e 0,31 dB(A), respectivamente, a menos medido pelo

minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 4000 Hz, com um nível de 21,32 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 5,17 dB(A).

**Gráfico 16 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo F**

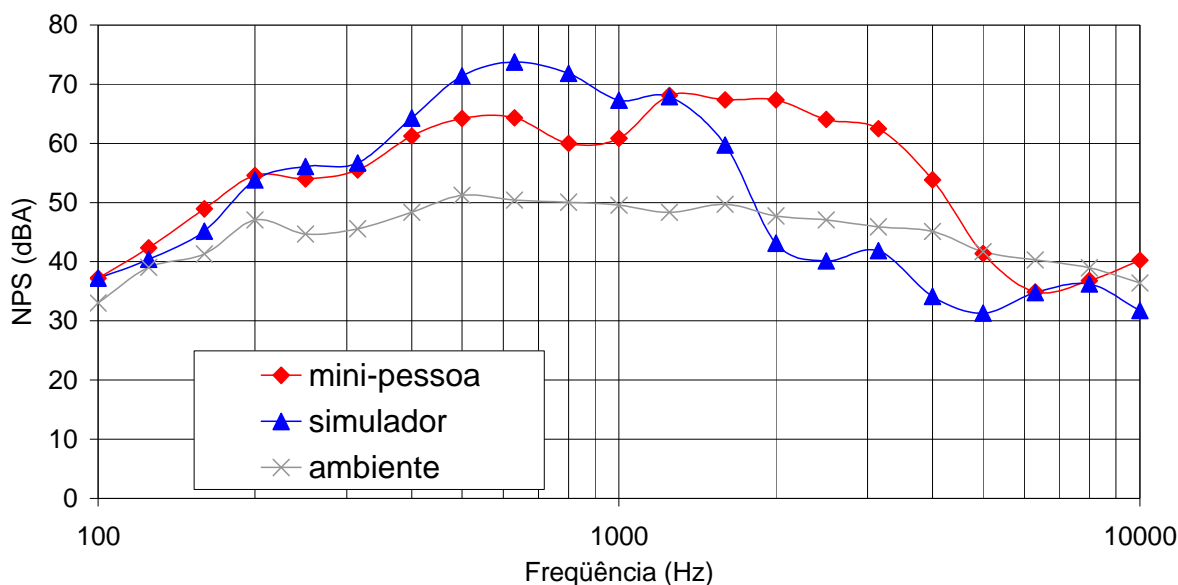


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
65,79	79,83	80,55	81,38	1,55
66,08	81,24	83,84	85,15	<b>3,91</b>
65,06	80,79	83,64	81,30	<b>0,51</b>
62,30	78,13	81,22	81,93	3,81
63,49	79,82	83,28	83,71	3,88
			<b>Média</b>	<b>2,73</b>

No gráfico 16 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo F deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 0,51 dB(A) e 3,91 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 2,73 dB(A).

### Indivíduo G – medição 1

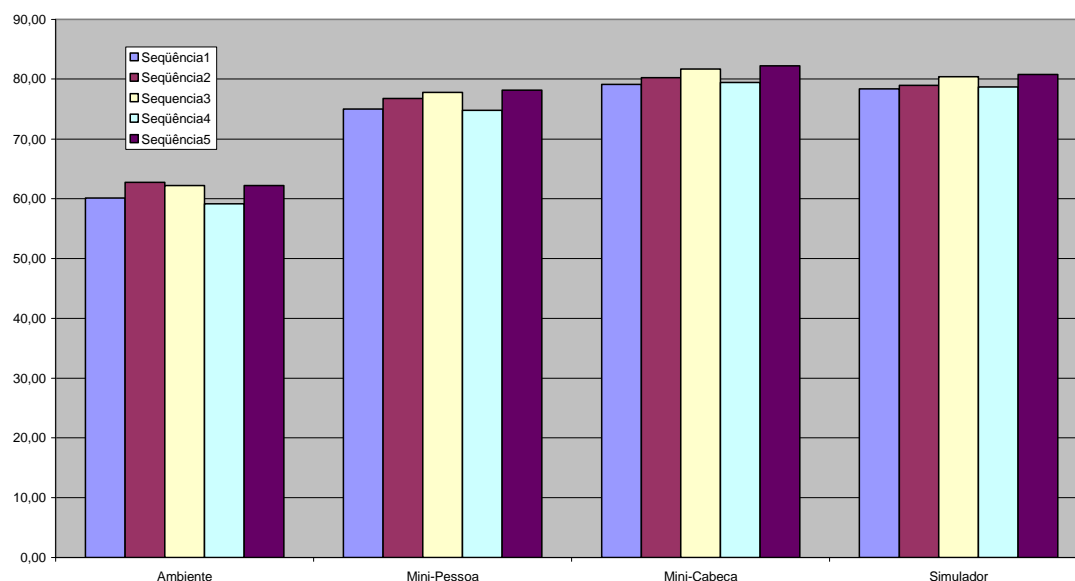
**Gráfico 17 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 17, os resultados demonstram que as diferenças mínimas entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreram nas frequências de 100 Hz, 1250 Hz e 6300 Hz, com níveis de 0,01 dB(A), 0,22 dB(A) e 0,14 dB(A), respectivamente, a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 2.000 Hz, com um nível de 24,20 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 3,84 dB(A).



**Gráfico 18 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo G**

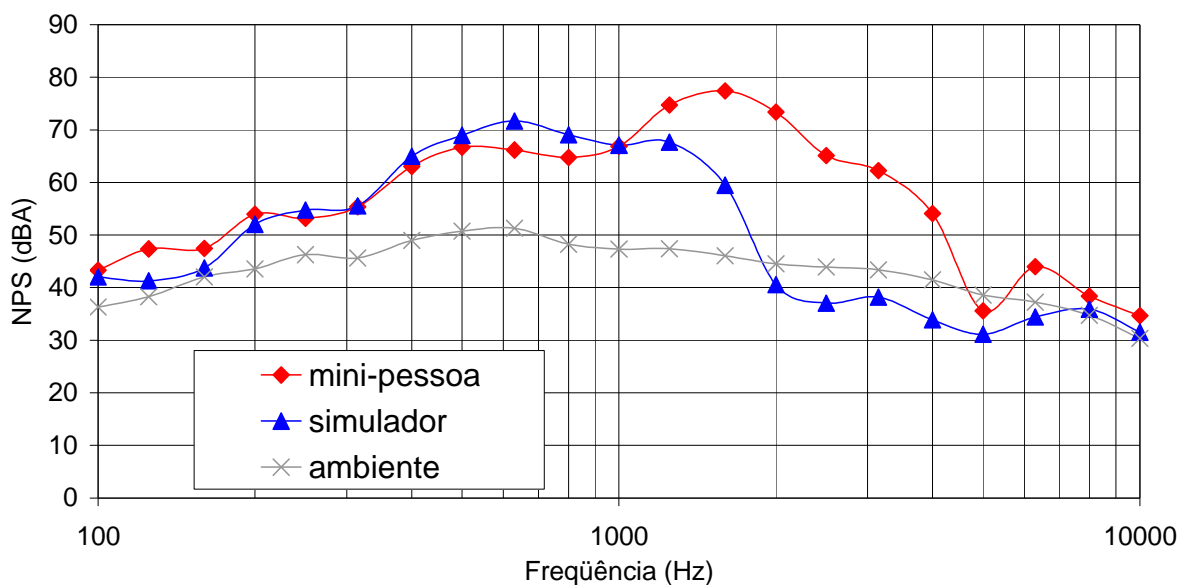


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
60,10	75,02	79,12	78,39	3,37
62,72	76,73	80,24	79,01	2,27
62,18	77,77	81,70	80,42	<b>2,65</b>
59,13	74,80	79,47	78,71	<b>3,91</b>
62,23	78,18	82,27	80,81	2,64
			<b>Média</b>	<b>2,97</b>

No gráfico 18 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo G deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 2,27 dB(A) e 3,91 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 2,97 dB(A).

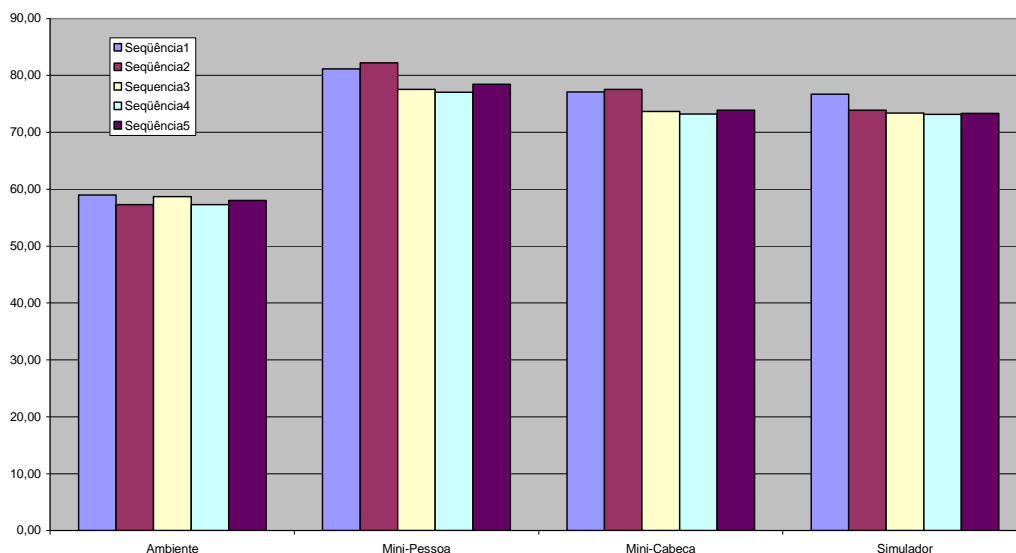
### Indivíduo H – medição 1

**Gráfico 19 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 19, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 315 Hz, com um nível de 0,18 dB(A), a menos medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 2.000 Hz, com um nível de 32,82 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 6,98 dB(A).

**Gráfico 20 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo H**



Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
58,94	81,18	77,10	76,69	-4,49
57,26	82,22	77,54	73,86	<b>-8,37</b>
58,67	77,54	73,67	73,35	-4,19
57,29	77,01	73,19	73,13	<b>-3,88</b>
58,03	78,41	73,86	73,28	-5,13
			<b>Média</b>	<b>-5,21</b>

No gráfico 20 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo H deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 3,88 dB(A) e 8,37 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 5,21 dB(A).

## 5.4 Resultados das Medições do Setor Receptivo Turno 2

Da mesma forma como foram apresentados os dados anteriores, aqui nesse subitem da apresentação dos resultados serão apresentados os gráficos com os resultados de uma das 5 medições realizadas para cada um dos 8 sujeitos da amostra. Os demais gráficos com os resultados encontram-se no anexo 3.

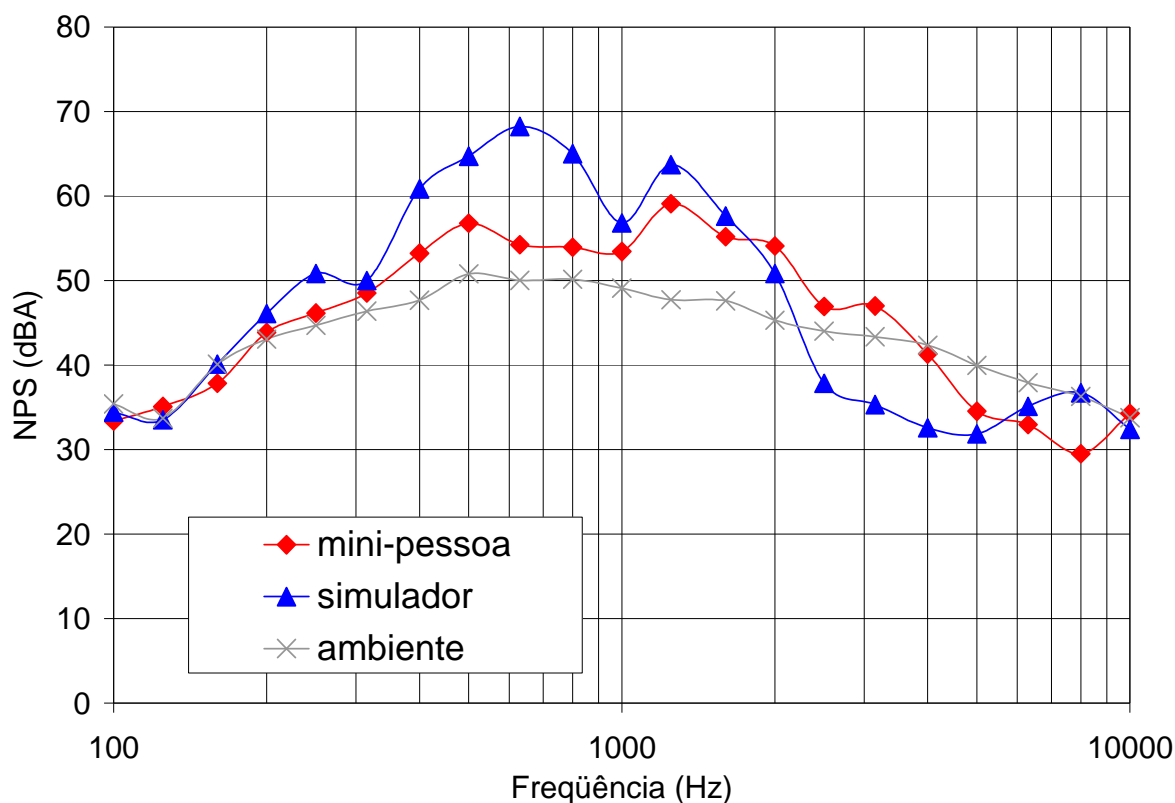
Os indivíduos que fazem parte desta amostra trabalham no turno 2, onde o número de ligações recebidas é maior em relação ao turno 1. Este setor obviamente é também denominado de “*informações e auxílio à lista – 102*”. Todos os comentários a respeito dos resultados serão relativos à comparação entre os obtidos através da técnica com minimicrofone em ouvido real e através da técnica com manequim, apesar de nos gráficos existir ainda uma curva referente aos níveis de ruído de fundo (ambiente), destinada para fins de comparação.

Nos demais gráficos relativos aos resultados das medições, apresentados no anexo 3, apresenta-se além dos níveis de ruído medidos através das duas técnicas anteriormente descritas, dados referentes ao ruído de fundo (ambiente) e dados referentes a outro minimicrofone acoplado ao molde de orelha externa do manequim simulando a técnica de

minimicrofone em ouvido real, somente para fins ilustrativos e de balizamento para contrapor os resultados e satisfazer a curiosidade em relação a algumas variações no método.

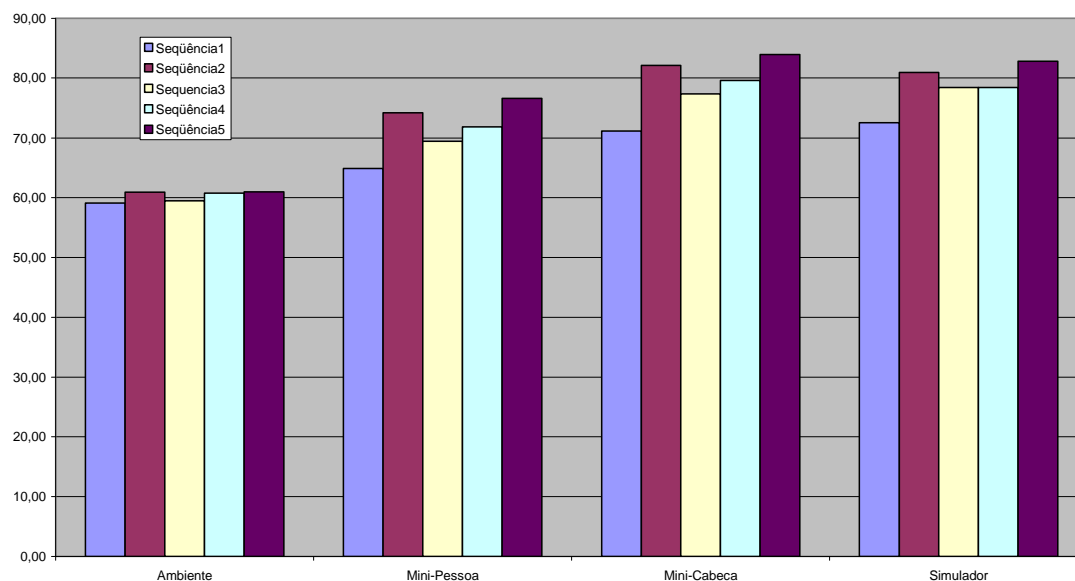
### Indivíduo A – medição 1

**Gráfico 21 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 21, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 100 Hz, com um nível de 1,03 dB(A) a menos medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 630 Hz, com um nível de 13,98 dB(A) a menos medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 1,58 dB(A).

**Gráfico 22 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo A**

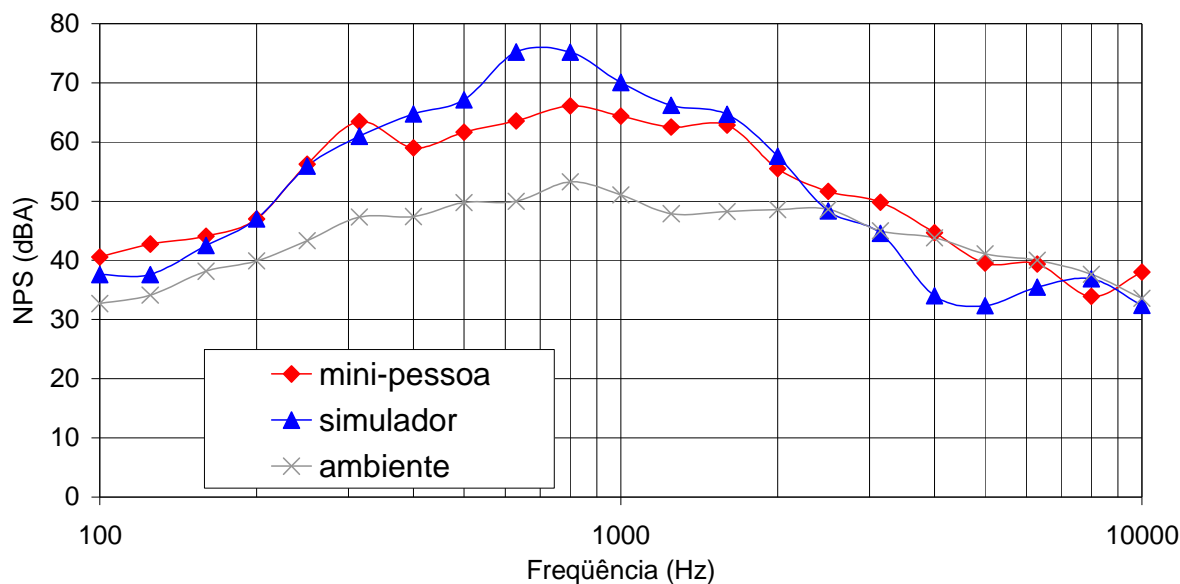


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
59,09	64,90	71,15	72,51	7,62
60,90	74,19	82,12	80,98	6,79
59,46	69,44	77,37	78,43	<b>8,99</b>
60,78	71,83	79,64	78,43	6,60
60,98	76,58	83,94	82,84	<b>6,26</b>
			Média	<b>7,25</b>

No gráfico 22 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo A deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 6,26 dB(A) e 8,99 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 7,25 dB(A).

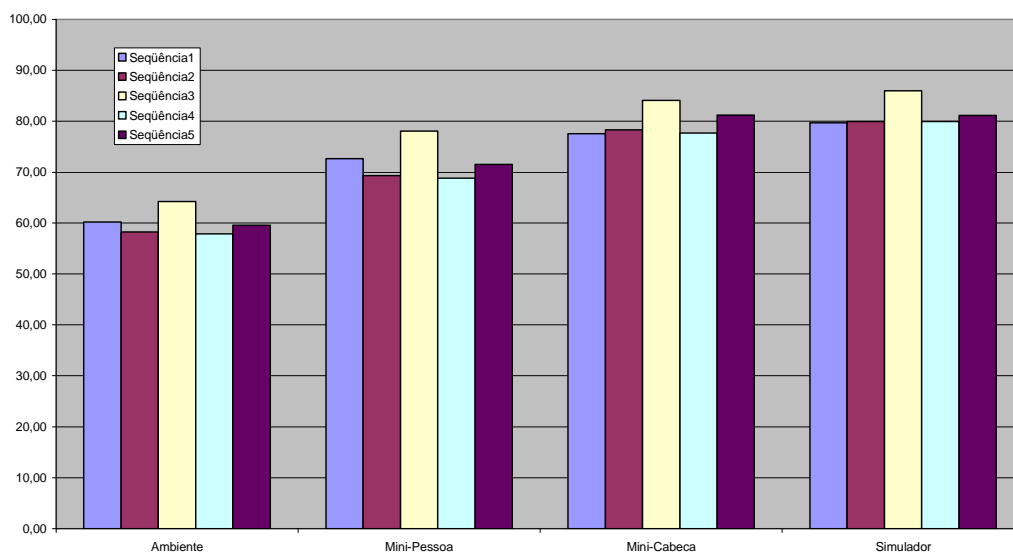
### Indivíduo B – medição 1

**Gráfico 23 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 23, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 200 Hz, com um nível de 0,00162 dB(A) a menos medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 630 Hz, com um nível de 11,65 dB(A) a menos medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 0,00594 dB(A).

**Gráfico 24 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo B**

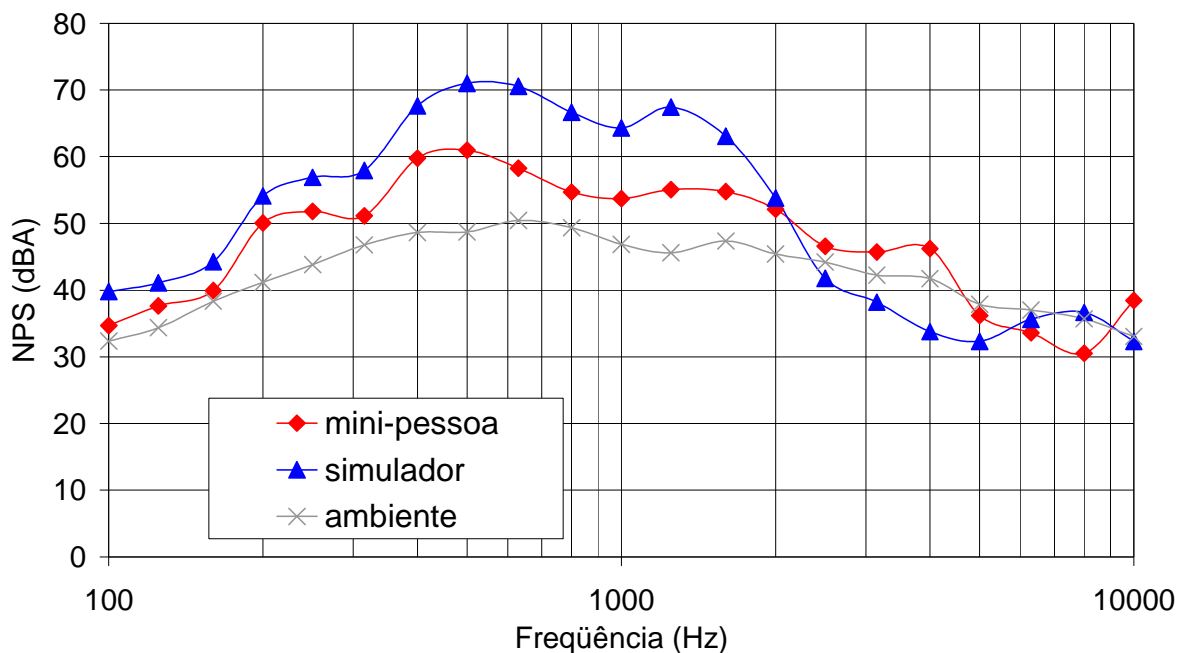


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini- pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
60,19	72,66	77,54	79,73	<b>7,08</b>
58,26	69,34	78,35	79,95	10,60
64,26	78,05	84,10	86,00	7,96
57,90	68,83	77,70	79,97	<b>11,14</b>
59,58	71,54	81,21	81,17	9,63
			Média	<b>9,28</b>

No gráfico 24 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo B deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 7,08 dB(A) e 11,14 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 9,28 dB(A).

#### Indivíduo C – medição 1

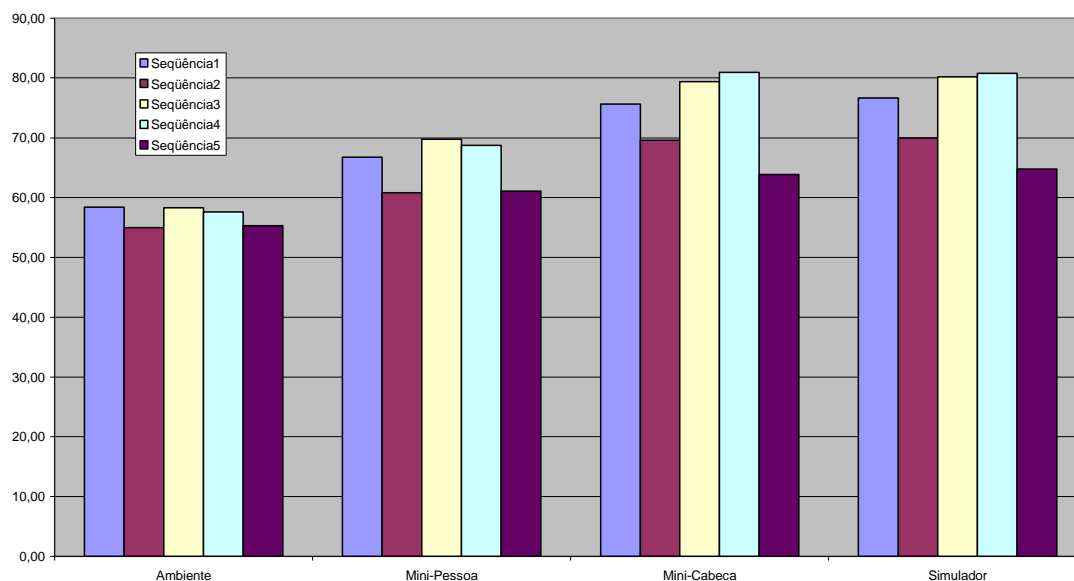
**Gráfico 25 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 25, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 2.000 Hz, com um

nível de 1,67 dB(A) a menos medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 4000 Hz, com um nível de 12,44 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 3,67 dB(A).

**Gráfico 26 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo C**



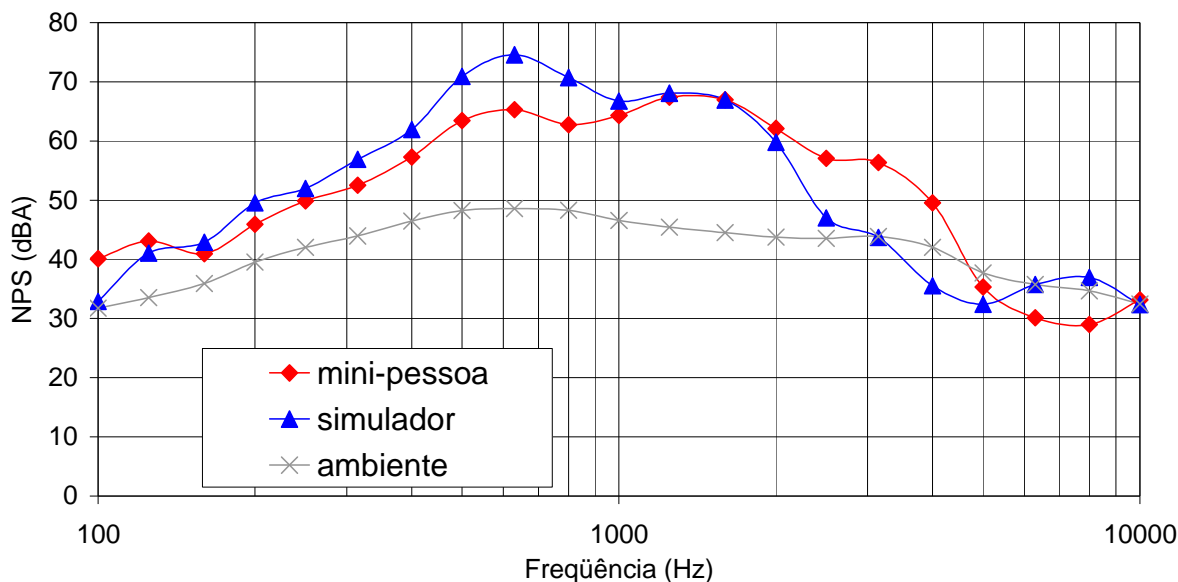
Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
58,38	66,75	75,64	76,65	9,91
54,95	60,80	69,58	70,00	9,20
58,31	69,74	79,41	80,21	10,47
57,59	68,71	80,96	80,81	<b>12,11</b>
55,32	61,08	63,90	64,79	<b>3,71</b>
			Média	<b>9,08</b>

No gráfico 26 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo C deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 3,71 dB(A) e 12,11 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 9,08 dB(A).



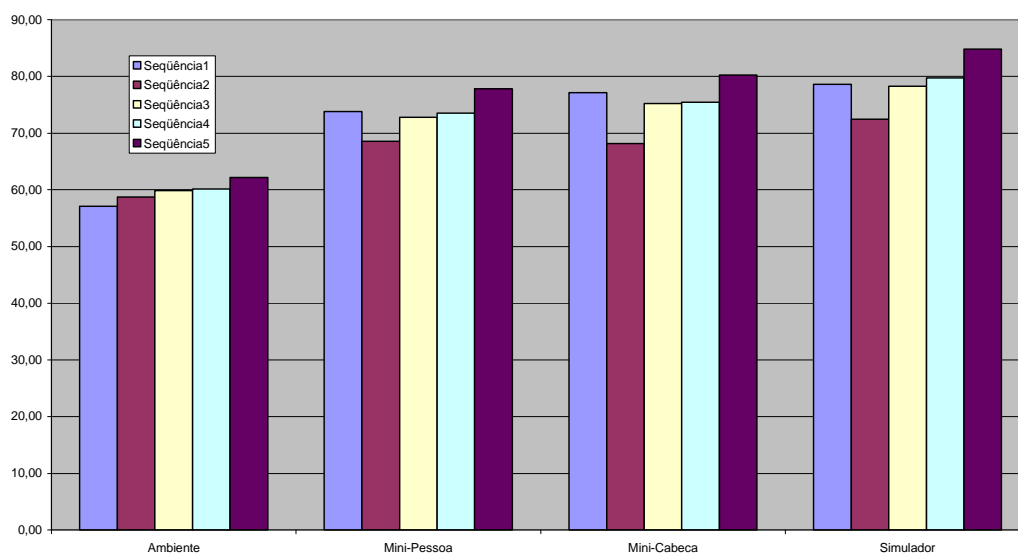
### Indivíduo D – medição 1

**Gráfico 27 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 27, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 1600 Hz, com um nível de 0,02 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 4000 Hz, com um nível de 13,99 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 0,28 dB(A).

**Gráfico 28 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo D**

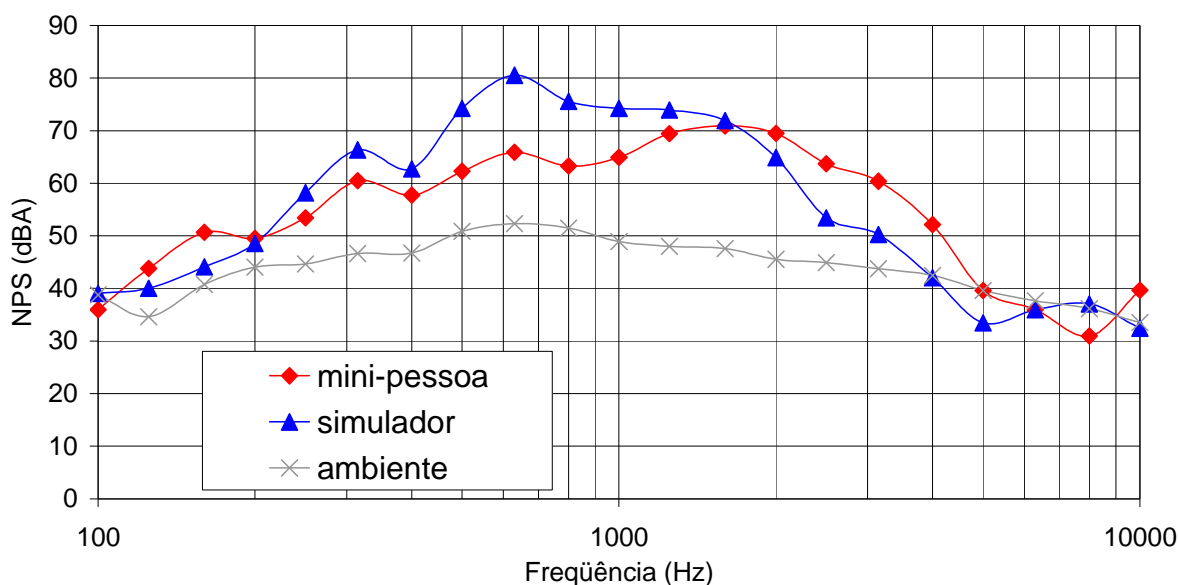


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
57,13	73,84	77,17	78,59	4,75
58,74	68,56	68,14	72,47	<b>3,92</b>
59,89	72,80	75,24	78,27	5,47
60,14	73,56	75,46	79,76	6,20
62,20	77,85	80,24	84,82	<b>6,97</b>
			Média	<b>5,46</b>

No gráfico 28 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo D deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 3,92 dB(A) e 6,97 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 5,46 dB(A).

#### Indivíduo E – medição 1

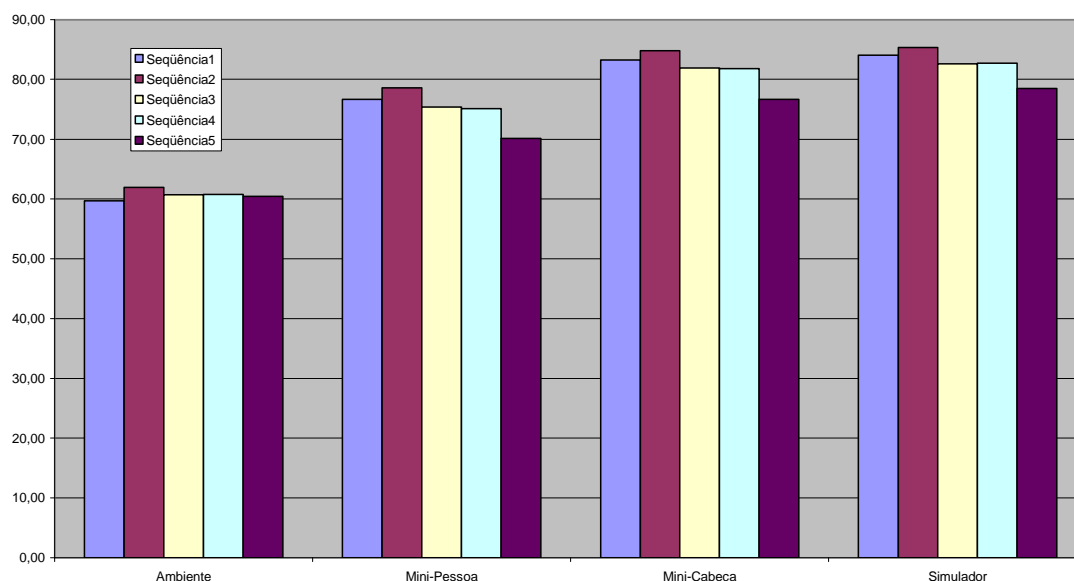
**Gráfico 29 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 29, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreram nas frequências de 200 Hz e 6300 Hz, com níveis de 0,98 e 0,03 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real

(mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 630 Hz, com um nível de 14,65 dB(A) a menos medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 0,89 dB(A).

**Gráfico 30 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo E**

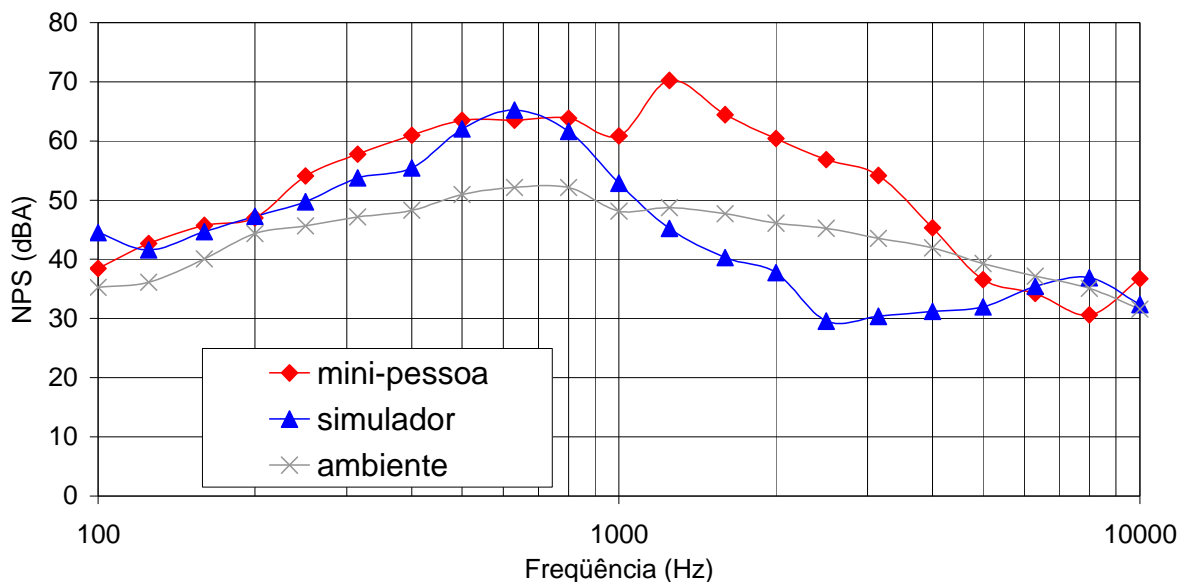


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
59,70	76,69	83,24	84,04	7,35
61,92	78,58	84,79	85,36	<b>6,77</b>
60,71	75,38	81,90	82,59	7,22
60,75	75,09	81,80	82,71	7,62
60,44	70,12	76,67	78,51	<b>8,39</b>
			Média	<b>7,47</b>

No gráfico 30 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo E deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 6,77 dB(A) e 8,39 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 7,47 dB(A).

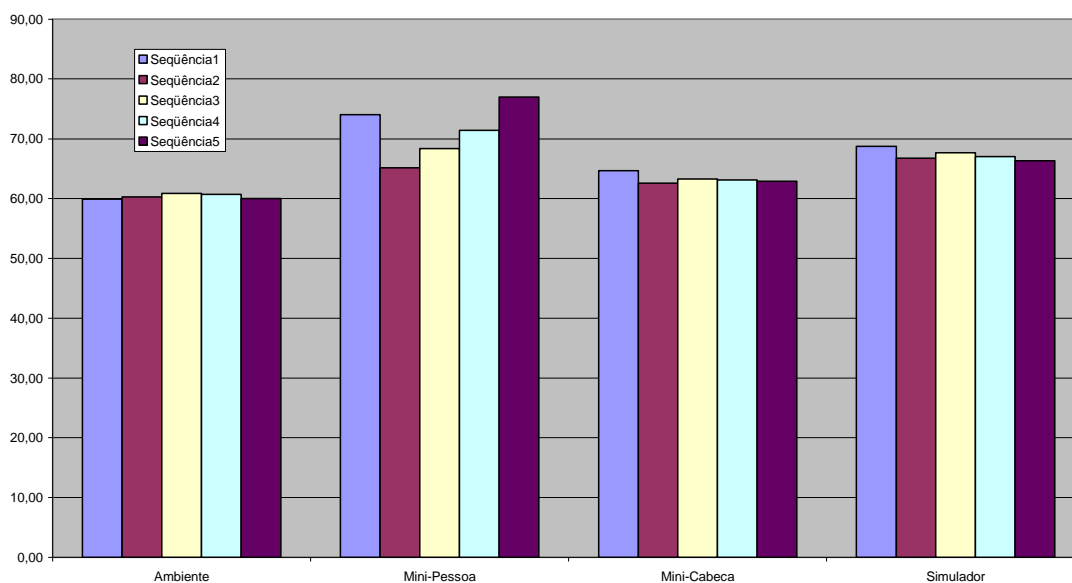
### Indivíduo F – medição 1

**Gráfico 31 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 31, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 200 Hz, com níveis de 0,24 dB(A) a menos medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 2500 Hz, com um nível de 27,30 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 7,53 dB(A).

**Gráfico 32 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo F**

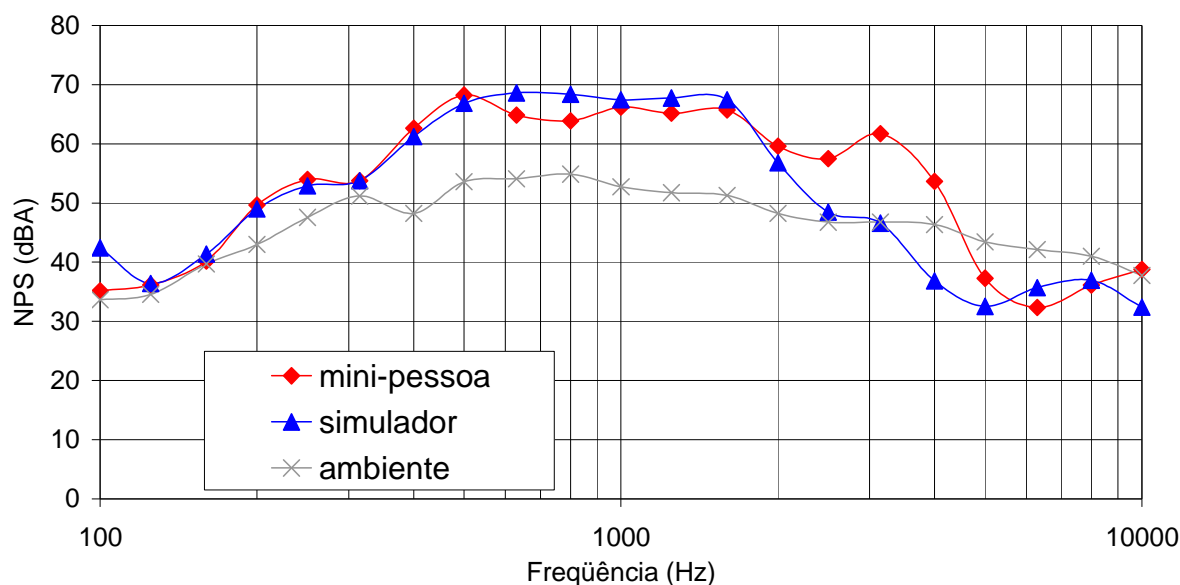


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini- pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
59,93	74,07	64,67	68,72	-5,35
60,28	65,14	62,60	66,77	1,63
60,84	68,35	63,26	67,67	<b>-0,68</b>
60,72	71,41	63,12	67,04	-4,37
60,01	76,96	62,88	66,35	<b>-10,62</b>
			Média	<b>-3,88</b>

No gráfico 32 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo F deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 0,68 dB(A) e 10,62 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 3,88 dB(A).

#### Indivíduo G – medição 1

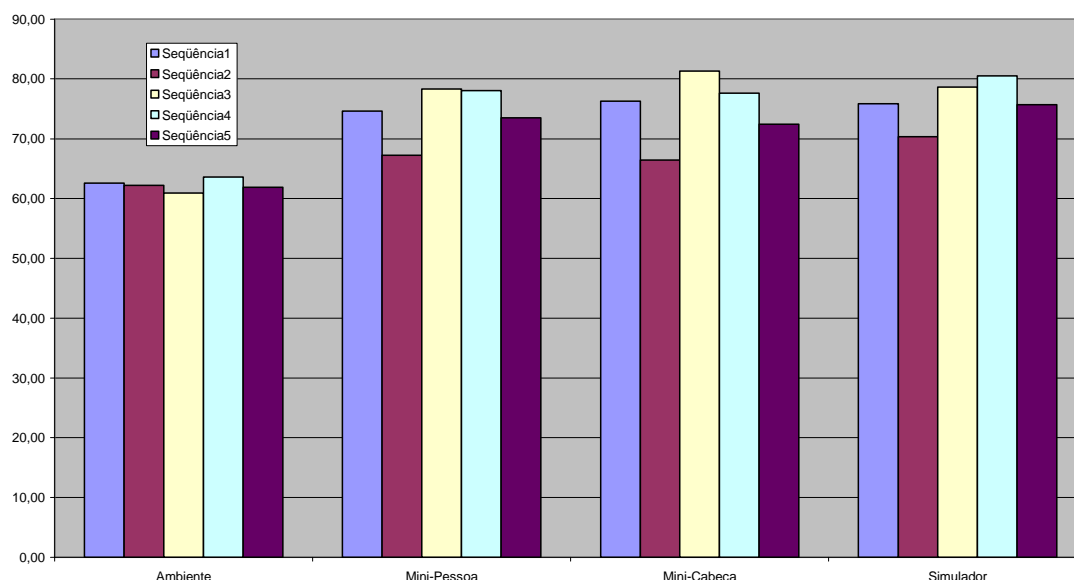
**Gráfico 33 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 33, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 315 Hz, com níveis de 0,01 dB(A) a menos medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa),

enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 4000 Hz, com um nível de 16,84 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 1,56 dB(A).

**Gráfico 34 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo G**

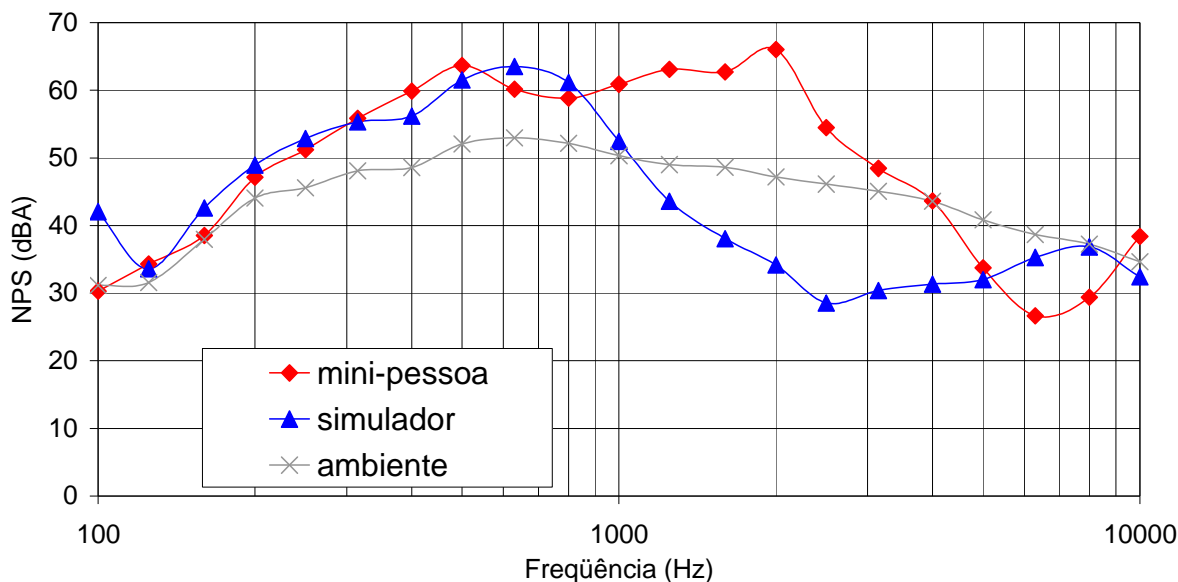


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
62,59	74,63	76,29	75,85	1,22
62,21	67,24	66,41	70,36	<b>3,12</b>
60,92	78,31	81,31	78,64	<b>0,33</b>
63,59	78,07	77,64	80,52	2,45
61,88	73,52	72,42	75,71	2,20
			Média	1,87

No gráfico 34 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo G deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 0,33 dB(A) e 3,12 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 1,87 dB(A).

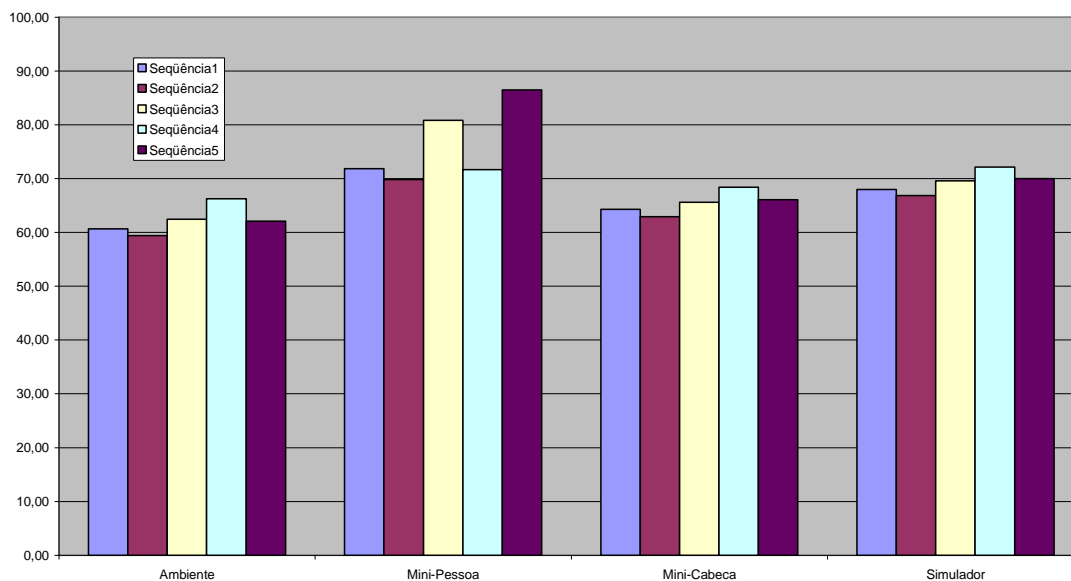
### Indivíduo H – medição 1

**Gráfico 35 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 35, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 315 Hz, com níveis de 0,55 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 2.000 Hz, com um nível de 31,87 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 5,45 dB(A).

**Gráfico 36 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo H**



Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
60,66	71,82	64,28	67,97	-3,85
59,42	69,83	62,92	66,85	-2,98
62,44	80,88	65,60	69,60	-11,29
66,29	71,67	68,41	72,15	<b>0,47</b>
62,08	86,49	66,06	70,01	<b>-16,48</b>
			Média	<b>-6,82</b>

No gráfico 36 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo H deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 0,47 dB(A) e 16,48 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 6,82 dB(A).

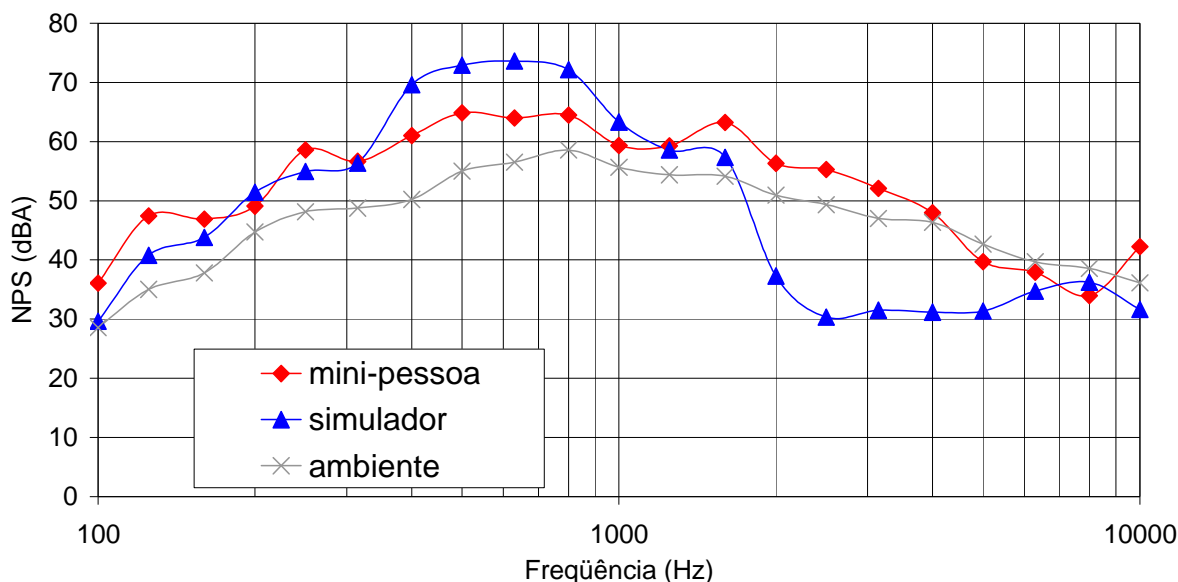
## 5.5 Resultados das Medições do Setor Ativo Turno 1

Os indivíduos que fazem parte desta amostra trabalham no setor de vendas da operadora de telemarketing, denominado genericamente de setor ativo, sendo 8 indivíduos do primeiro turno e 8 do segund, onde ao invés de receber ligações, realizam-nas. Quanto ao número de ligações realizadas entre os dois turnos há praticamente uma equiparação, pois no setor há o estabelecimento de metas de vendas, o que faz com que os operadores trabalhem em ritmos parecidos nos dois turnos. Neste setor os operadores oferecem serviços de manutenção permanente da linha telefônica residencial, à partir da rede pública de distribuição até o terminal telefônico do cliente, mediante o débito mensal de taxas financeiras. A forma de apresentação e discussão dos dados a respeito dos resultados serão discutidos da mesma forma que nos itens anteriores, ou seja, a discussão é relativa à comparação entre os obtidos através da técnica com minimicrofone em ouvido real e através da técnica com manequim, apesar de nos gráficos existir ainda uma curva referente aos níveis de ruído de fundo (ambiente), destinada para fins de comparação.



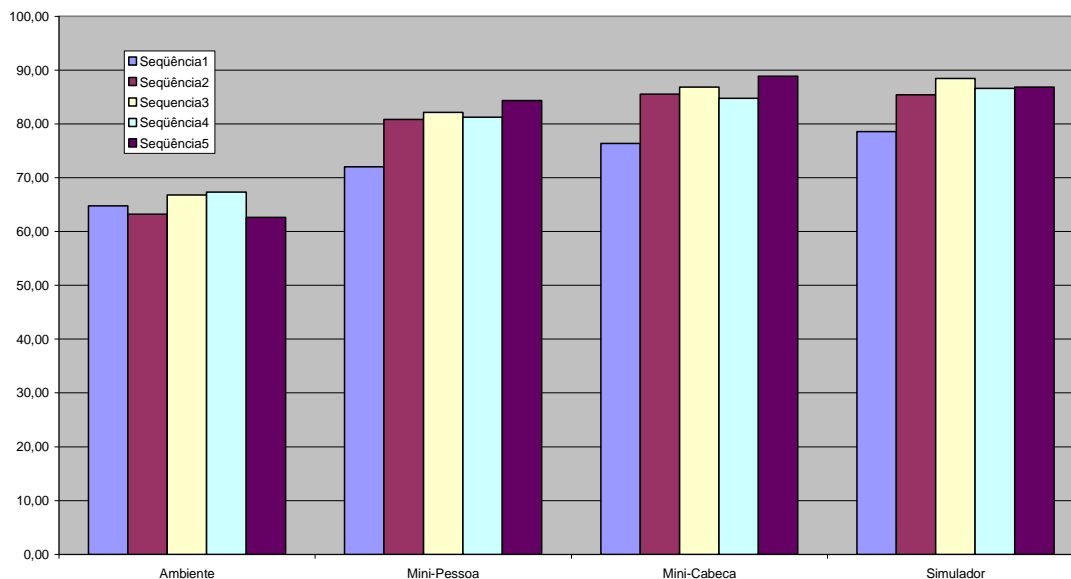
### Indivíduo A – medição 1

**Gráfico 37 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 37, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 315 Hz, com um nível de 0,30 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 2500 Hz, com um nível de 24,95 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 4,17 dB(A).

**Gráfico 38 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo A**

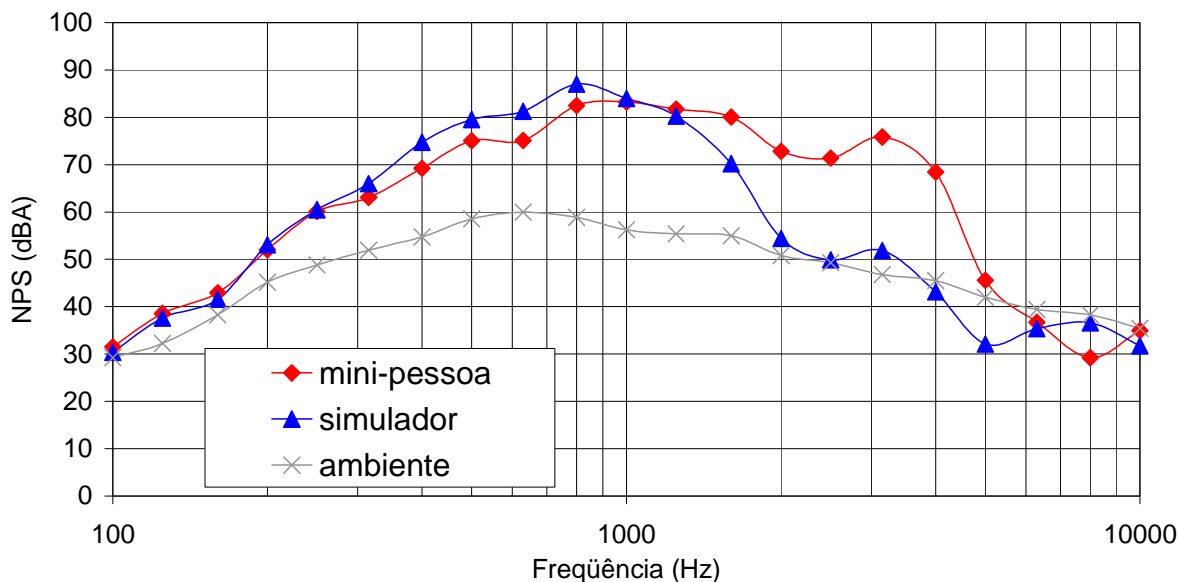


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
64,79	72,01	76,33	78,59	<b>6,59</b>
63,23	80,88	85,52	85,42	4,54
66,80	82,14	86,85	88,46	6,32
67,33	81,27	84,76	86,58	5,31
62,64	84,36	88,87	86,85	<b>2,49</b>
			Média	<b>5,05</b>

No gráfico 38 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo A deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 6,59 dB(A) e 2,49 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 5,05 dB(A).

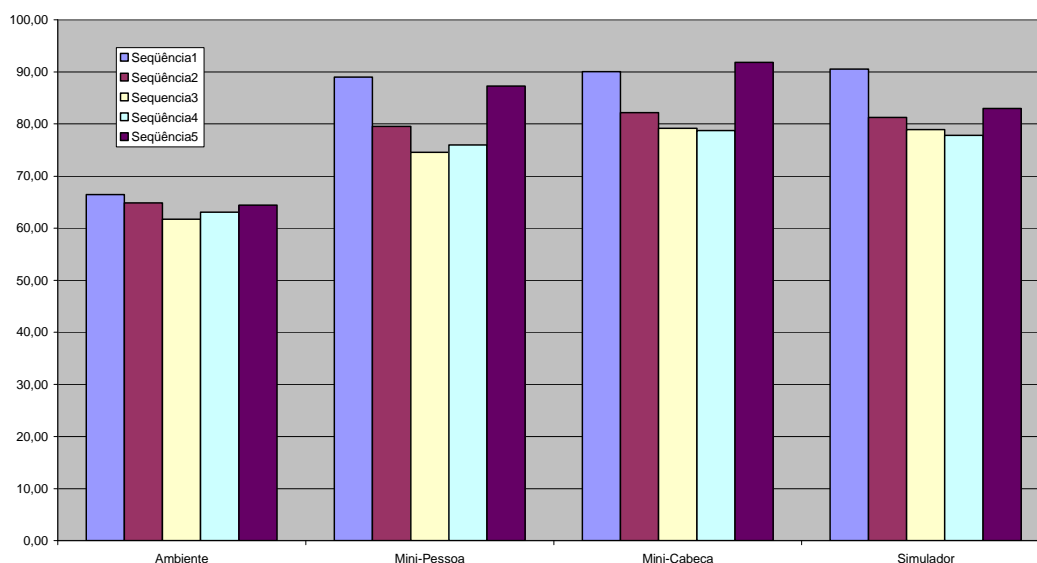
### Indivíduo B – medição 1

**Gráfico 39 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 39, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 250 Hz, com um nível de 0,39 dB(A) a menos medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 4000 Hz, com um nível de 25,31 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 4,23 dB(A).

**Gráfico 40 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo B**

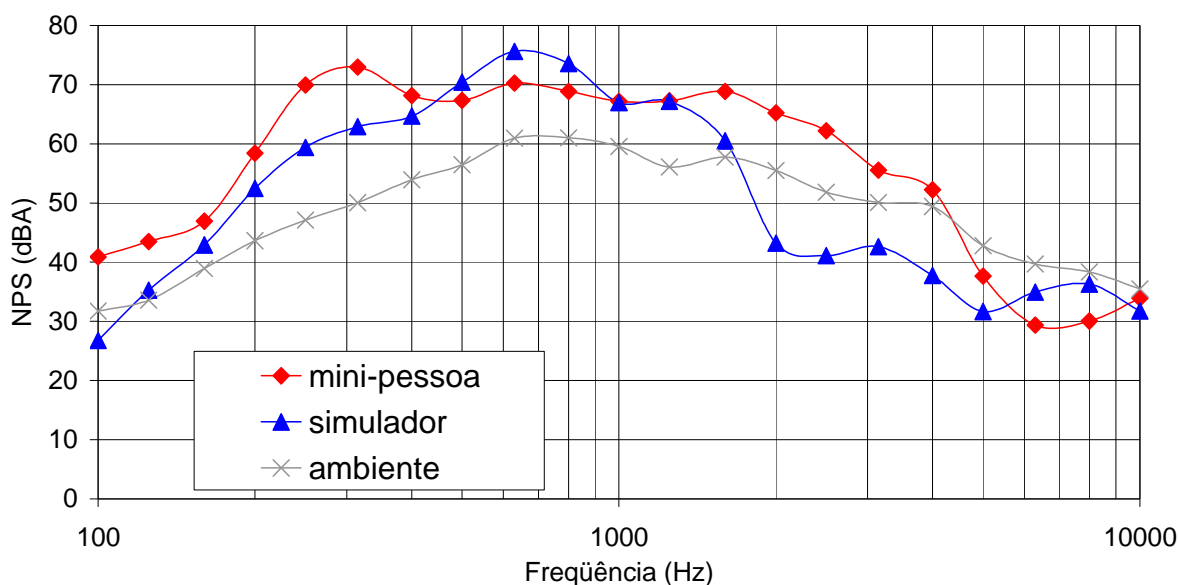


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini- pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
66,47	88,99	90,06	90,53	<b>1,54</b>
64,87	79,52	82,18	81,25	1,73
61,74	74,58	79,20	78,94	<b>4,36</b>
63,04	76,01	78,72	77,81	1,80
64,41	87,26	91,86	82,97	-4,28
			Média	1,03

No gráfico 40 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo B deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 1,54 dB(A) e 4,36 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 1,03 dB(A).

### Indivíduo C – medição 1

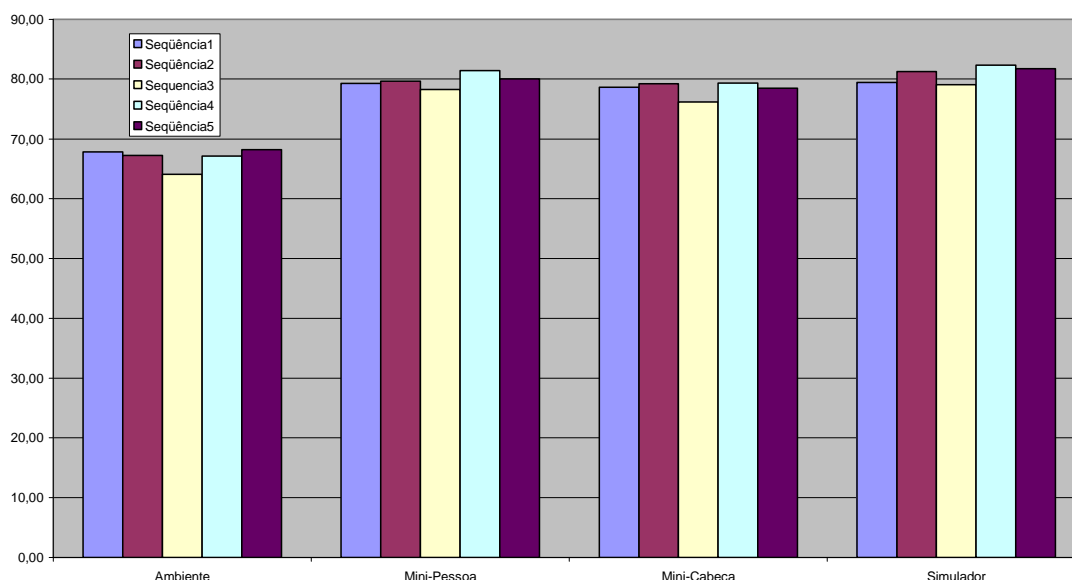
**Gráfico 41 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 41, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 1250 Hz, com um nível de 0,10 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa),

enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 2.000 Hz, com um nível de 21,98 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 5,65 dB(A).

**Gráfico 42 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo C**

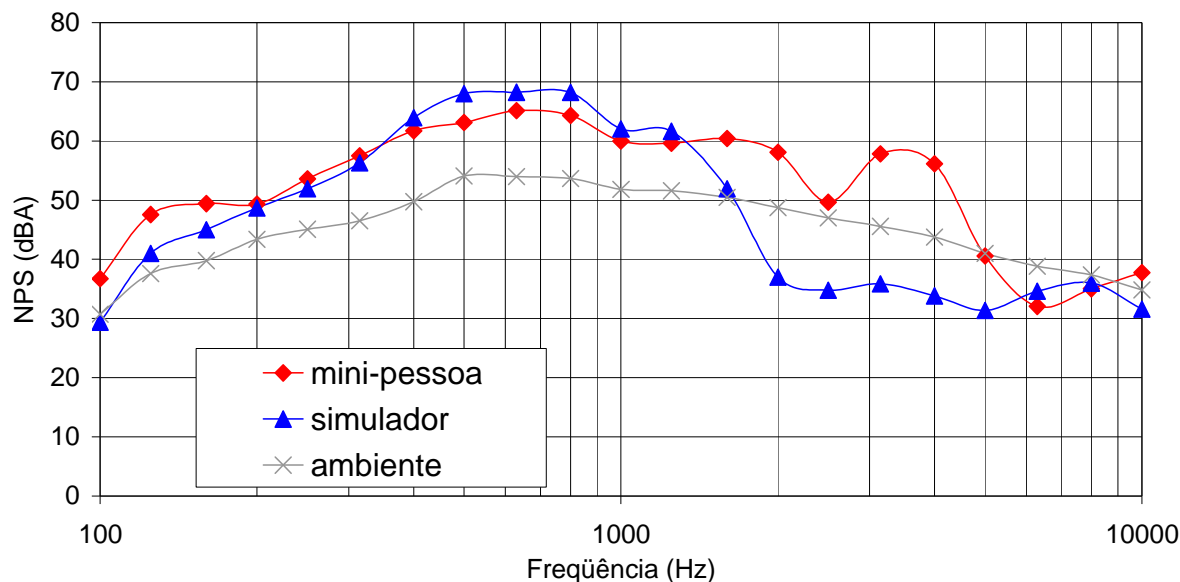


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
67,81	79,28	78,63	79,42	<b>0,15</b>
67,25	79,66	79,21	81,26	1,60
64,12	78,26	76,18	79,06	0,80
67,16	81,44	79,36	82,34	0,90
68,21	80,05	78,52	81,74	<b>1,69</b>
			Média	<b>1,03</b>

No gráfico 42 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo C deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 0,15 dB(A) e 1,69 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 1,03 dB(A).

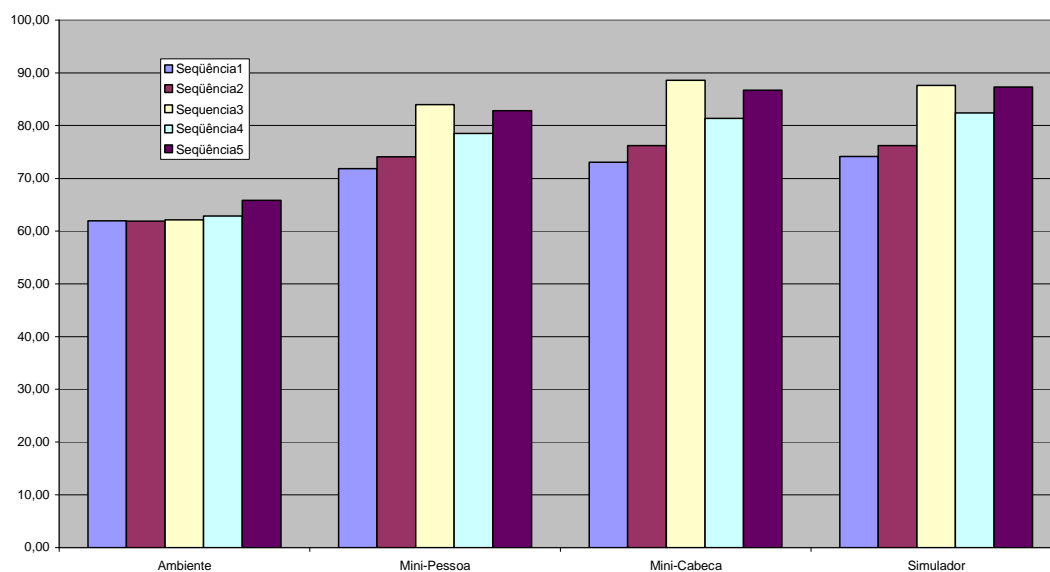
### Indivíduo D – medição 1

**Gráfico 43 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 43, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 200 Hz, com um nível de 0,59 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 4000 Hz, com um nível de 22,30 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 4,96 dB(A).

**Gráfico 44 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo D**

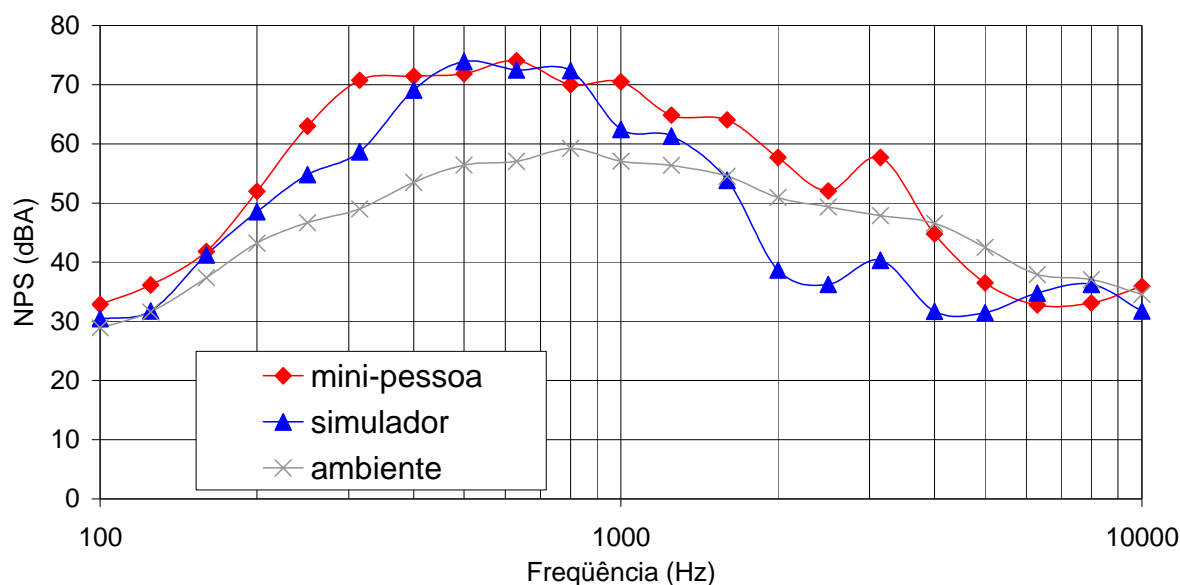


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini- pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
61,94	71,86	73,08	74,15	2,29
61,91	74,06	76,23	76,23	<b>2,17</b>
62,17	83,97	88,61	87,62	3,66
62,87	78,54	81,39	82,45	3,91
65,86	82,84	86,72	87,31	<b>4,47</b>
			Média	3,30

No gráfico 44 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo D deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 2,17 dB(A) e 4,47 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 3,30 dB(A).

### Indivíduo E – medição 1

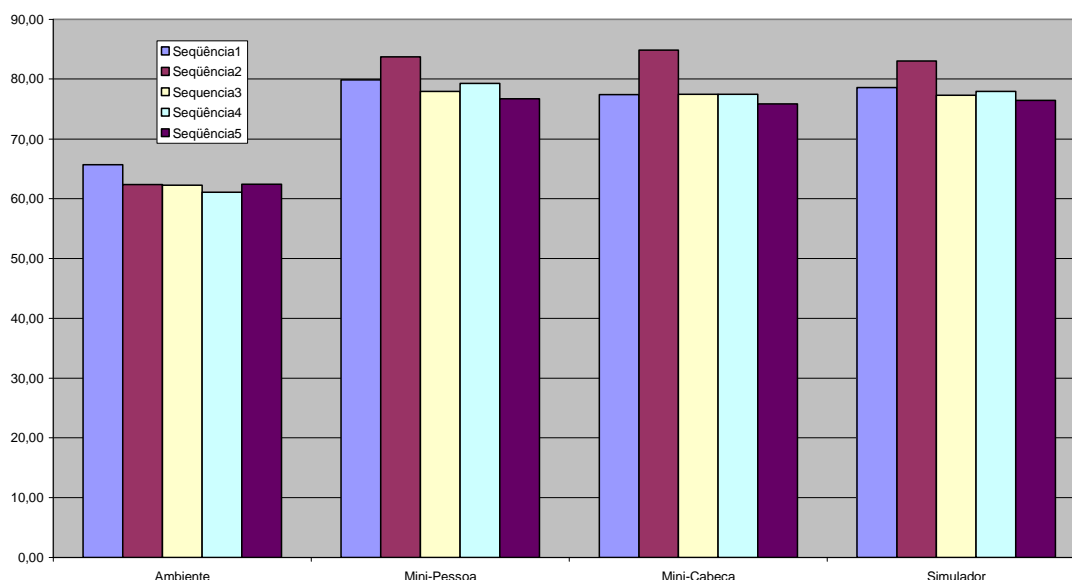
**Gráfico 45 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 45, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 160 Hz, com um nível de 0,58 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa),

enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 2.000 Hz, com um nível de 19,01 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 5,79 dB(A).

**Gráfico 46 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo E**



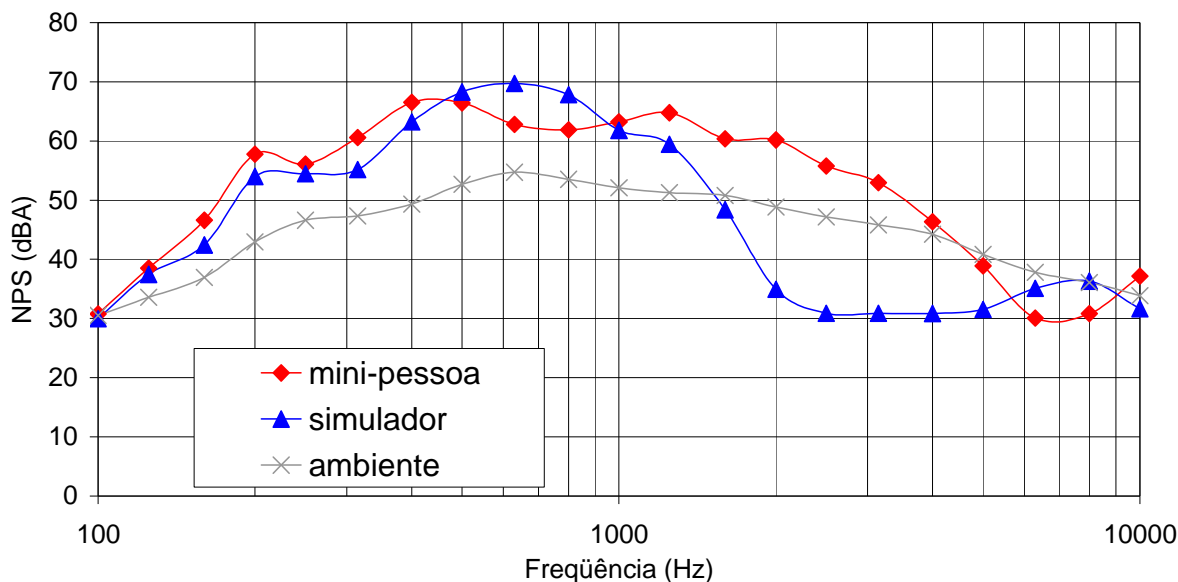
Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
65,71	79,86	77,40	78,59	-1,27
62,34	83,76	84,85	83,06	-0,69
62,29	77,96	77,46	77,32	-0,64
61,08	79,27	77,50	77,94	-1,33
62,42	76,71	75,86	76,47	-0,24
			Média	-0,83

No gráfico 46 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo E deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 0,24 dB(A) e 1,33 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a -0,83 dB(A).



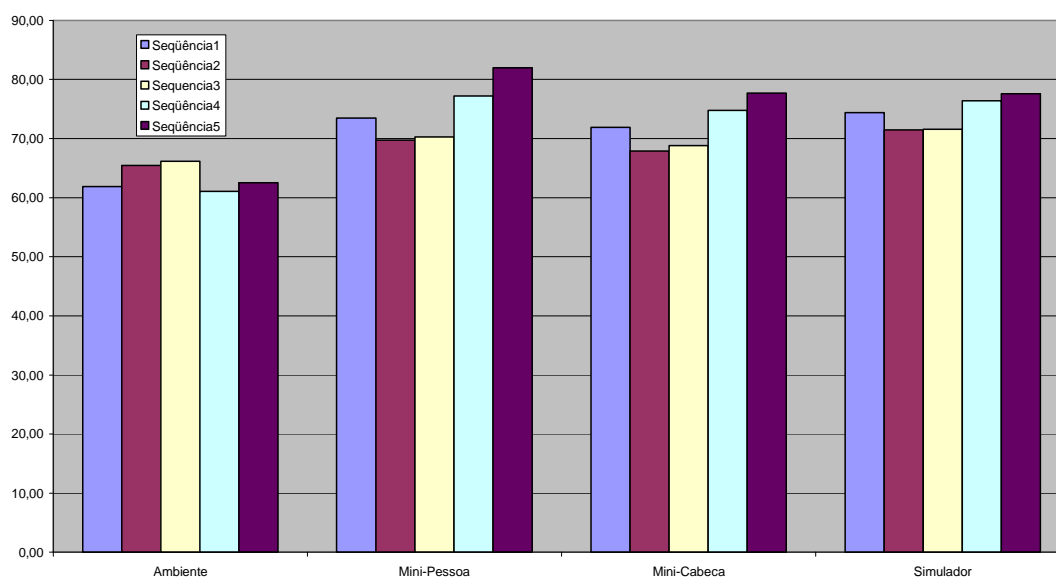
### Indivíduo F – medição 1

**Gráfico 47 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 47, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 100 Hz, com um nível de 0,79 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 2.000 Hz, com um nível de 25,23 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 5,43 dB(A).

**Gráfico 48 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo F**

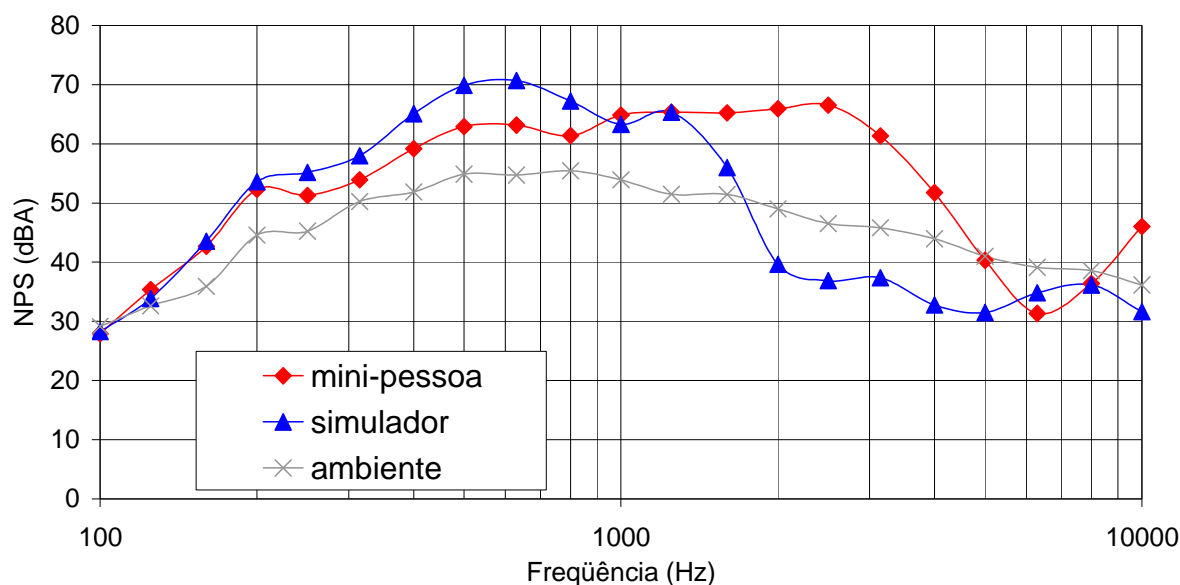


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini- pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
61,91	73,50	71,93	74,41	0,91
65,49	69,75	67,88	71,46	1,71
66,16	70,25	68,80	71,61	1,36
61,07	77,19	74,80	76,39	<b>-0,80</b>
62,52	81,98	77,72	77,59	<b>-4,40</b>
			Média	<b>-0,24</b>

No gráfico 48 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo F deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 0,80 dB(A) e 4,40 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a -0,24 dB(A).

#### Indivíduo G – medição 1

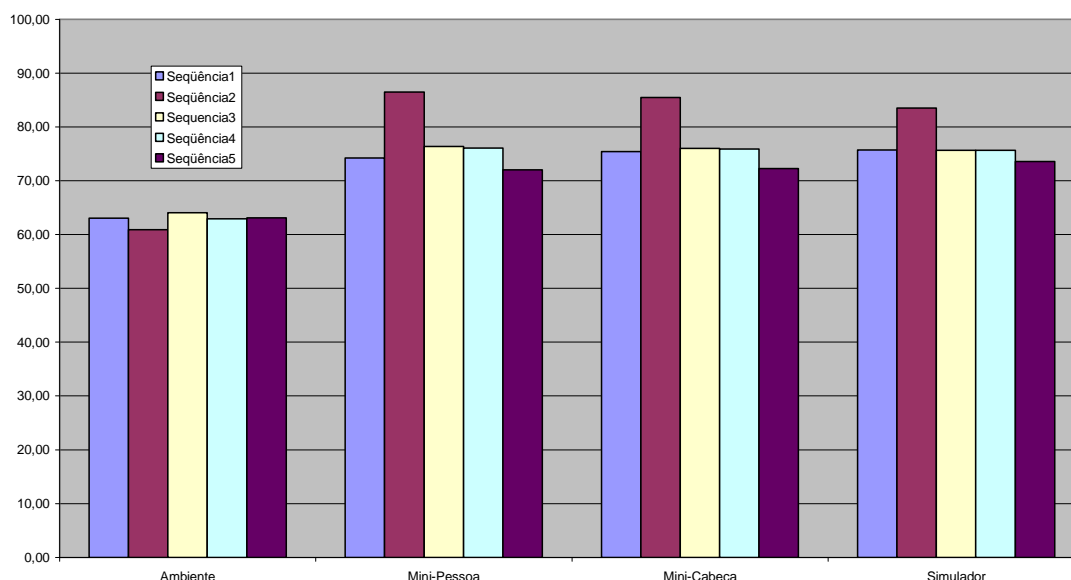
**Gráfico 49 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 49, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 1250 Hz, com um nível de 0,02 dB(A) a menos medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa),

enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 2500 Hz, com um nível de 29,66 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 4,49 dB(A).

**Gráfico 50 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo G**

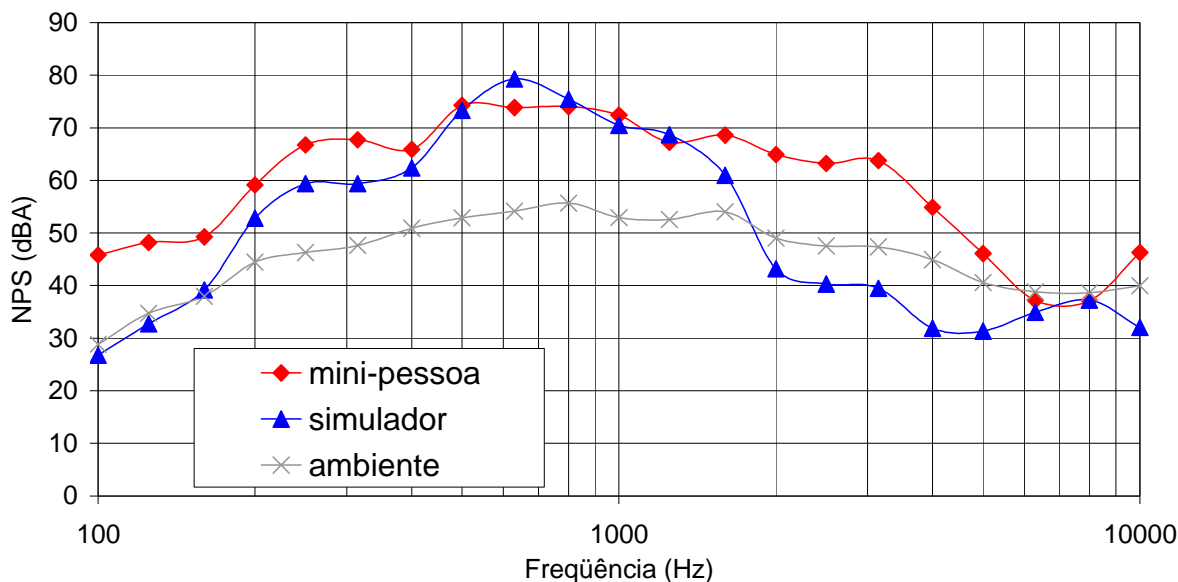


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
63,07	74,25	75,41	75,70	1,45
60,90	86,48	85,50	83,54	<b>-2,94</b>
64,06	76,38	75,99	75,68	-0,71
62,91	76,06	75,90	75,63	<b>-0,43</b>
63,11	72,02	72,29	73,57	1,55
			Média	<b>-0,22</b>

No gráfico 50 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo G deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 0,43 dB(A) e 2,94 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a -0,22 dB(A).

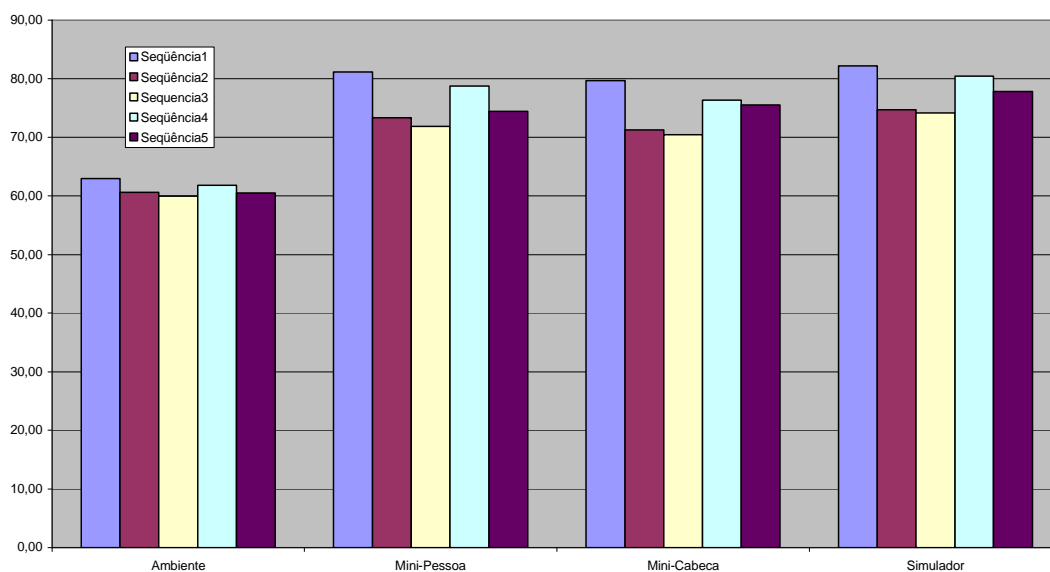
### Indivíduo H – medição 1

**Gráfico 51 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 51, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 500 Hz, com um nível de 0,93 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 3150 Hz, com um nível de 24,25 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 9,30 dB(A).

**Gráfico 52 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo H**



	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
62,96	81,14	79,66	82,19	<b>1,05</b>
60,63	73,35	71,27	74,74	1,39
59,95	71,87	70,45	74,19	2,32
61,85	78,75	76,35	80,47	1,72
60,53	74,44	75,53	77,83	<b>3,38</b>
			Média	<b>1,97</b>

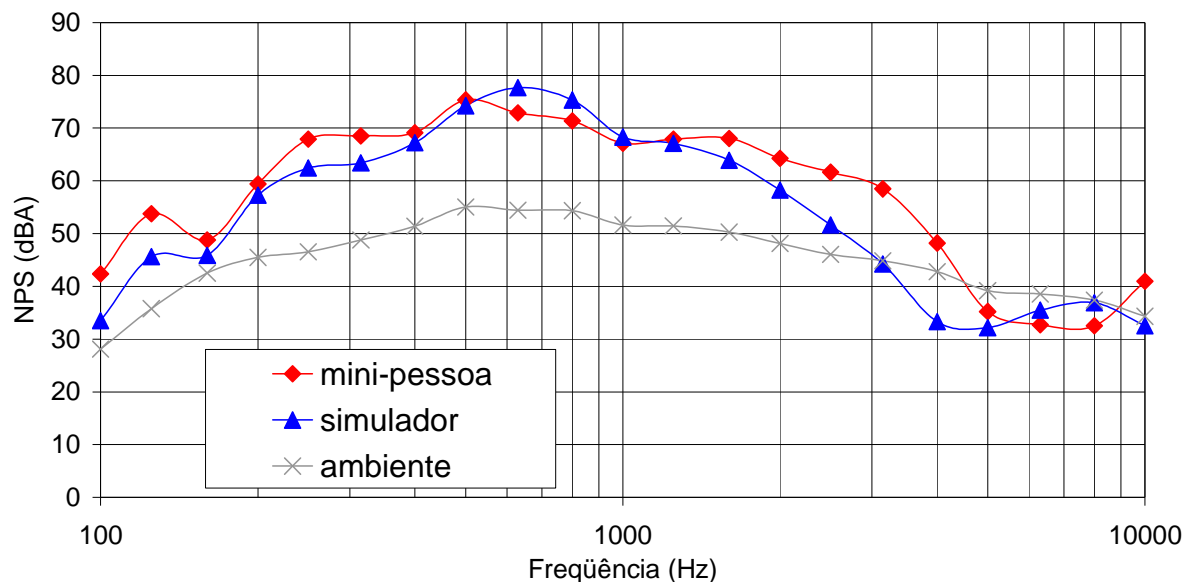
No gráfico 52 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo H deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 1,05 dB(A) e 3,38 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 1,97 dB(A).

## 5.6 Resultados das Medições do Setor Ativo Turno 2

Nesta seção serão apresentados os gráficos com os resultados de uma das 5 medições realizadas para cada um dos 8 sujeitos da amostra. Os demais gráficos com os resultados também se encontram no anexo3.

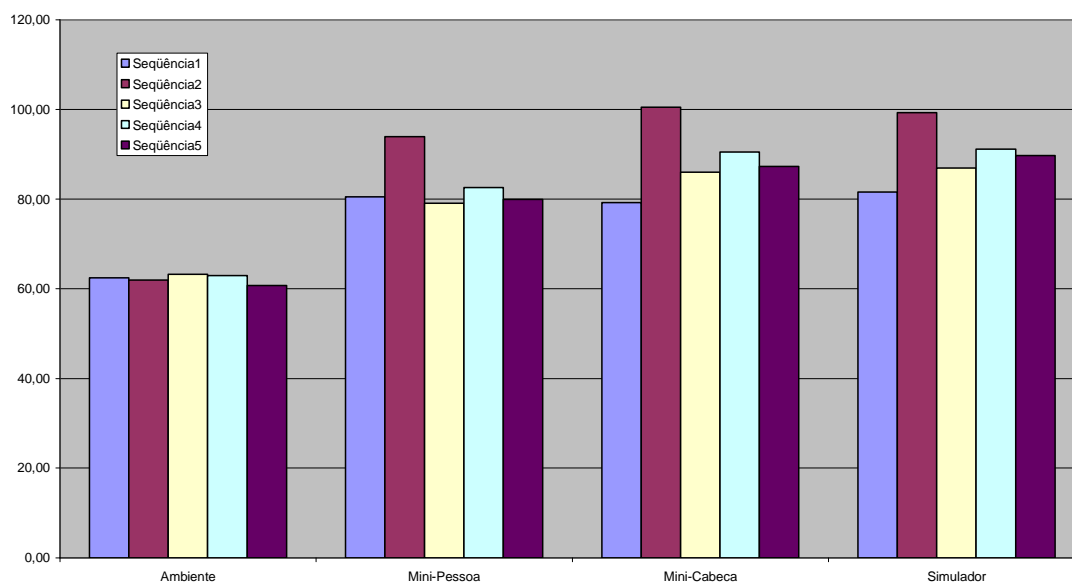
### Indivíduo A – medição 1

**Gráfico 53 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 53, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 1250 Hz, com um nível de 0,80 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 4000 Hz, com um nível de 14,88 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 3,81 dB(A).

**Gráfico 54 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo A**

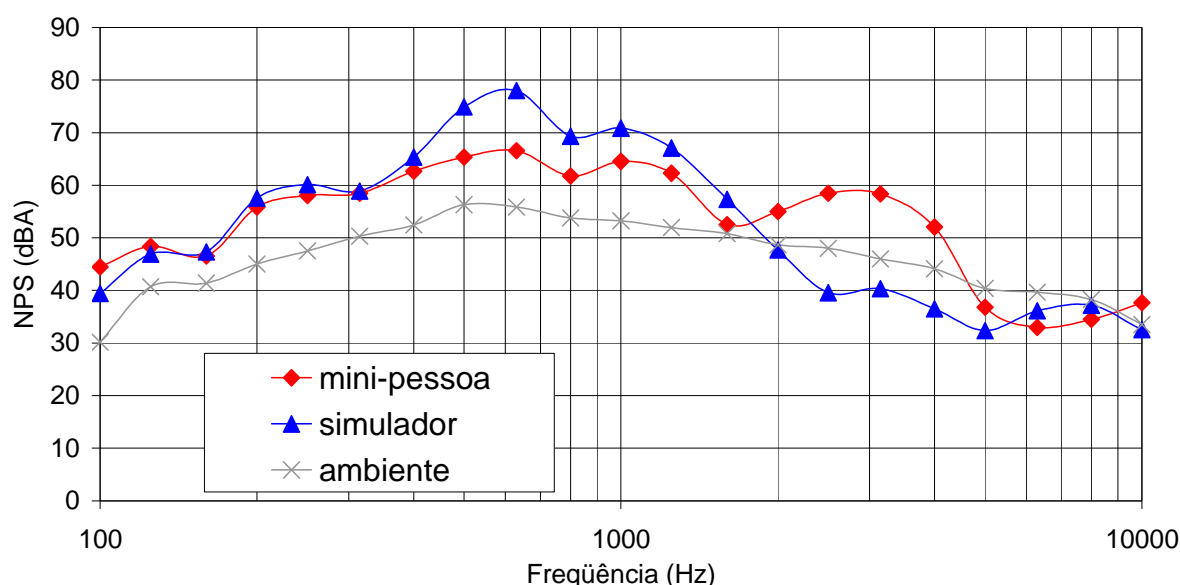


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
62,44	80,53	79,23	81,60	<b>1,07</b>
61,97	93,98	100,48	99,25	5,28
63,20	79,10	85,97	86,97	7,87
62,96	82,60	90,53	91,16	8,56
60,78	79,92	87,26	89,76	<b>9,84</b>
			Média	<b>6,52</b>

No gráfico 54 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo A deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 1,07 dB(A) e 9,84 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 6,52 dB(A).

### Indivíduo B – medição 1

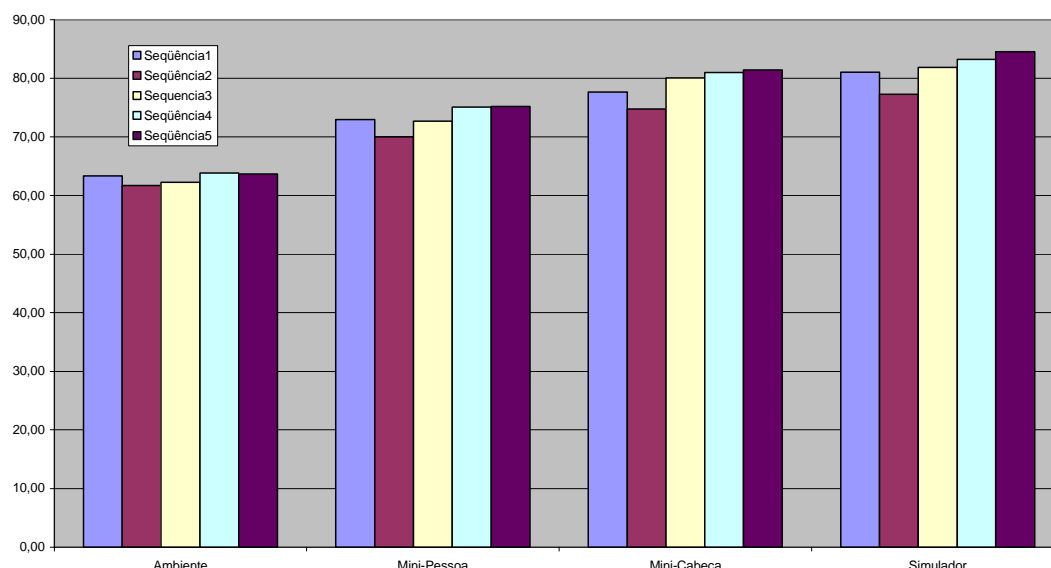
**Gráfico 55 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 55, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 315 Hz, com um nível de 0,42 dB(A) a menos medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 2500 Hz, com um nível de 18,92

dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 0,85 dB(A).

**Gráfico 56 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo B**



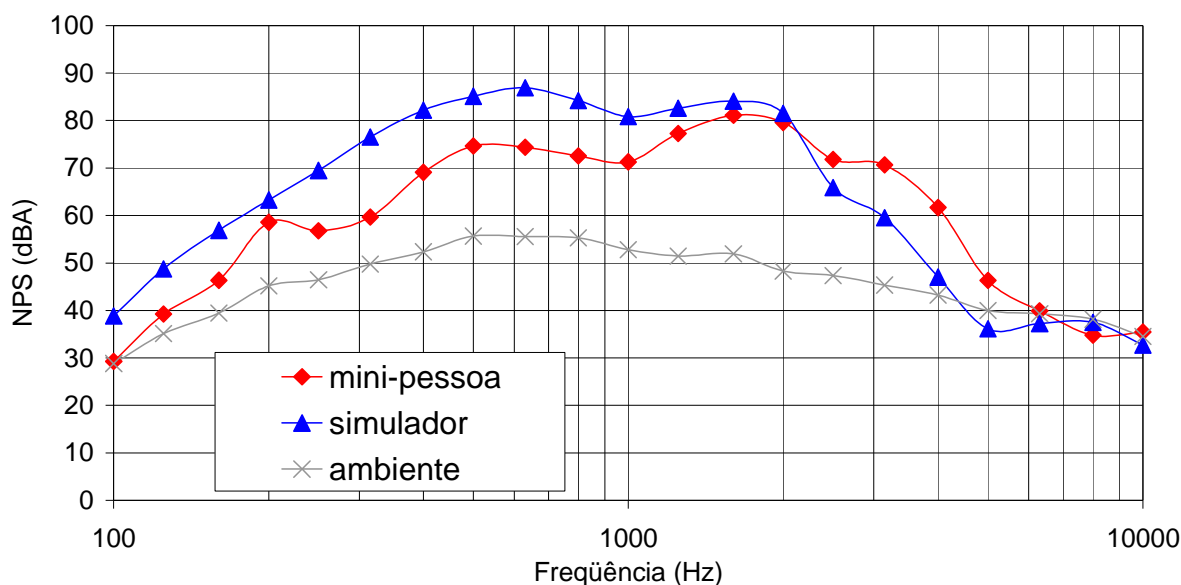
Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
63,37	72,97	77,68	81,02	8,05
61,71	70,03	74,78	77,29	<b>7,26</b>
62,29	72,72	80,07	81,87	9,16
63,85	75,12	80,96	83,21	8,09
63,65	75,22	81,45	84,51	<b>9,29</b>
			Média	<b>8,37</b>

No gráfico 56 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo B deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 7,26 dB(A) e 9,29 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 8,37 dB(A).



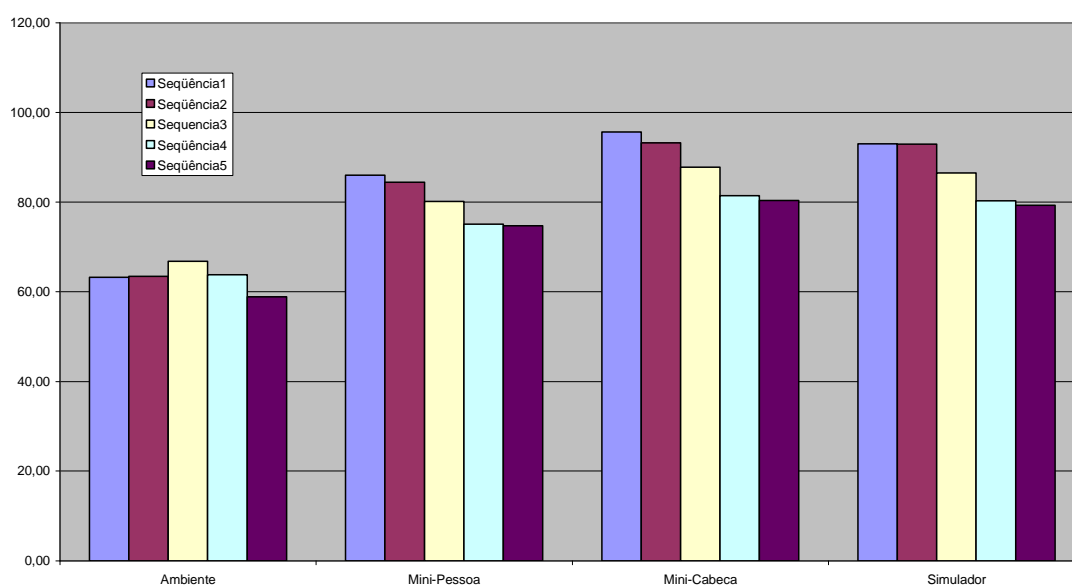
### Indivíduo C – medição 1

**Gráfico 57 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 57, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 2.000 Hz, com um nível de 1,90 dB(A) a menos medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 4000 Hz, com um nível de 14,63 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 4,13 dB(A).

**Gráfico 58 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo C**

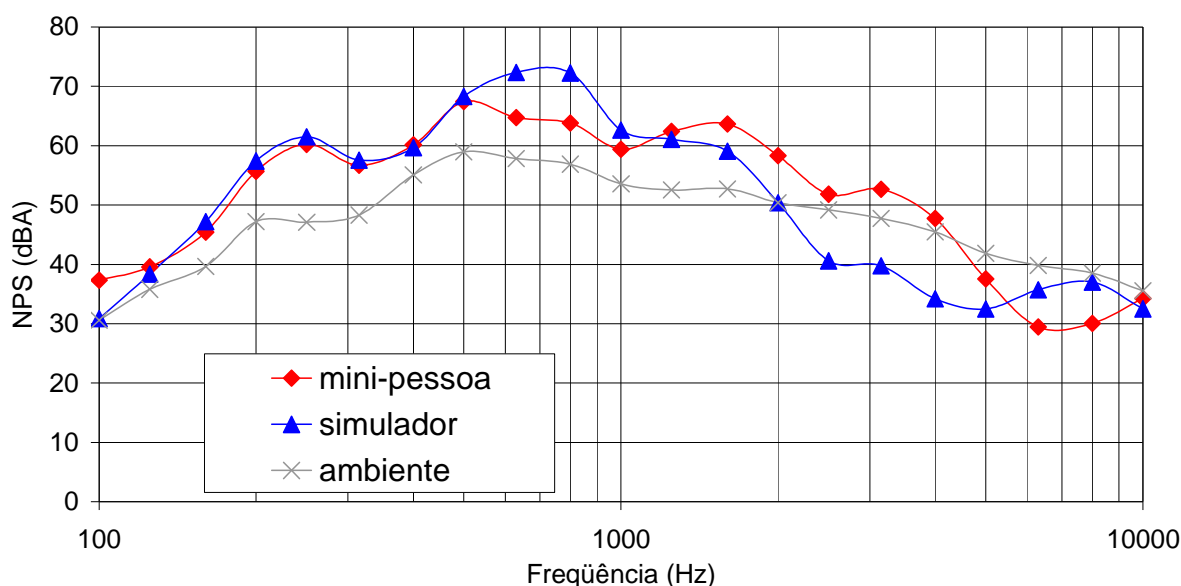


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
63,24	86,01	95,69	93,03	7,02
63,46	84,43	93,24	92,94	<b>8,52</b>
66,84	80,14	87,81	86,52	6,37
63,84	75,04	81,46	80,30	5,26
58,91	74,77	80,35	79,33	<b>4,56</b>
			Média	<b>6,35</b>

No gráfico 58 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo C deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 4,56 dB(A) e 8,52 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 6,35 dB(A).

#### Indivíduo D – medição 1

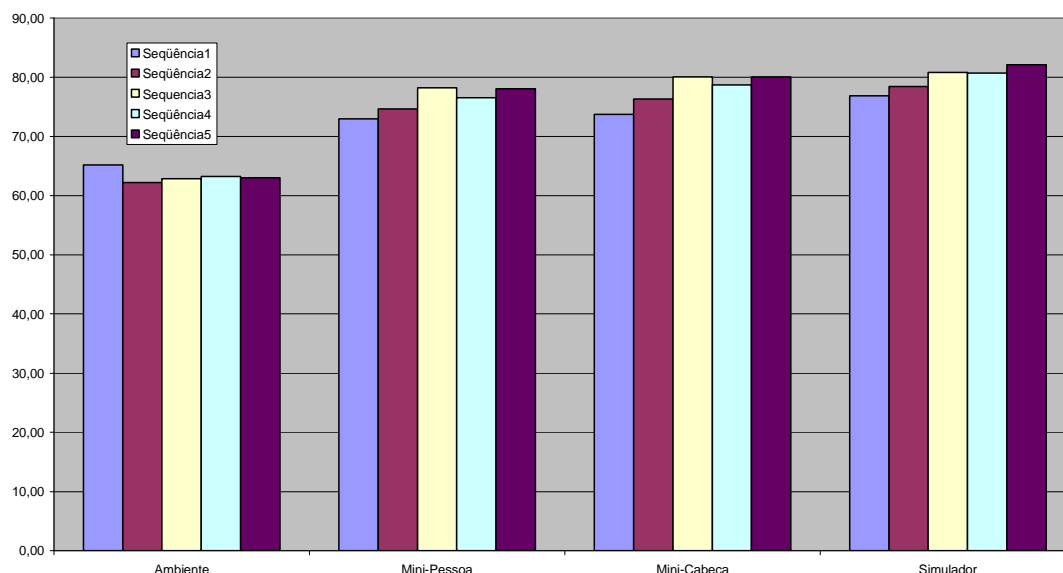
**Gráfico 59 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 59, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 400 Hz, com um nível de 0,50 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 4000 Hz, com um nível de 13,52

dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 1,30 dB(A).

**Gráfico 60 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo D**

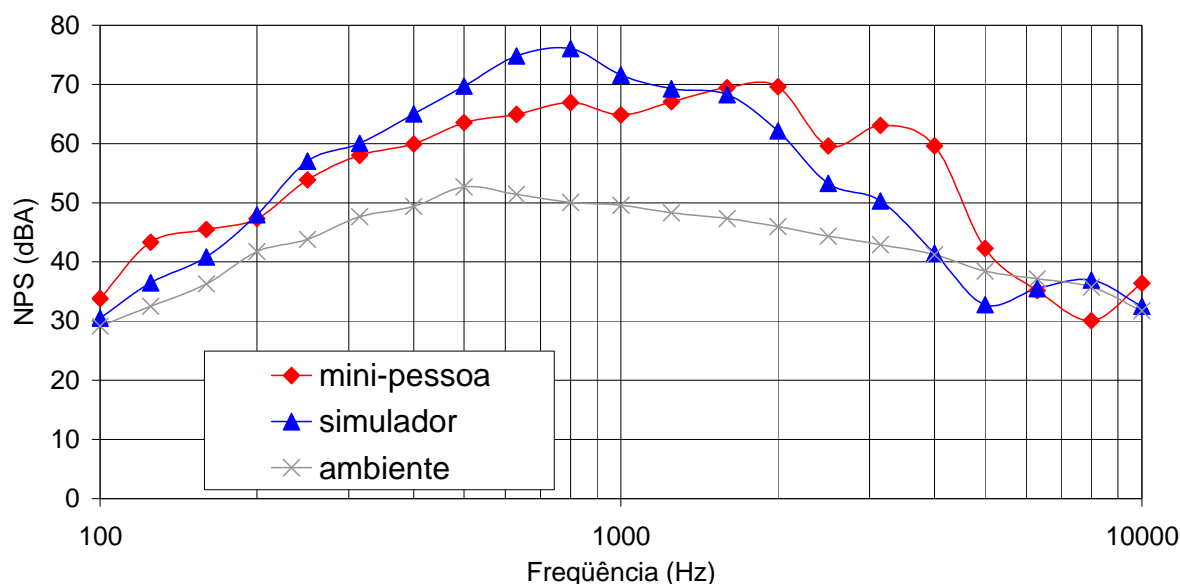


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
65,20	72,98	73,74	76,85	3,87
62,18	74,68	76,31	78,44	3,76
62,86	78,19	80,09	80,80	<b>2,61</b>
63,26	76,55	78,69	80,72	<b>4,18</b>
63,02	78,07	80,03	82,09	4,02
			Média	<b>3,69</b>

No gráfico 60 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo D deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 2,61 dB(A) e 4,18 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 3,69 dB(A).

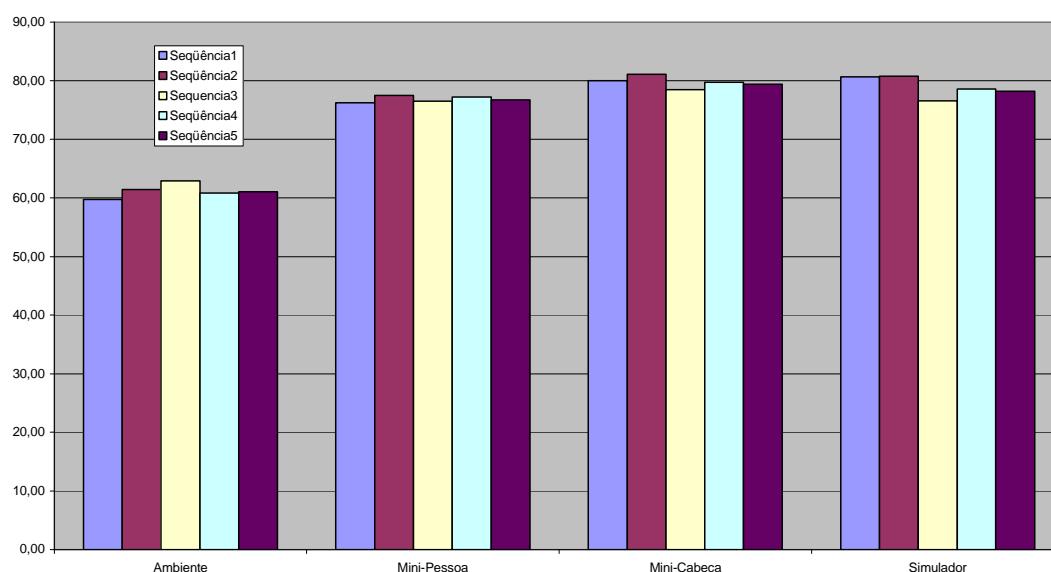
### Indivíduo E – medição 1

**Gráfico 61 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 61, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 6300 Hz, com um nível de 0,34 dB(A) a menos medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 4000 Hz, com um nível de 18,17 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 1,04 dB(A).

**Gráfico 62 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo E**

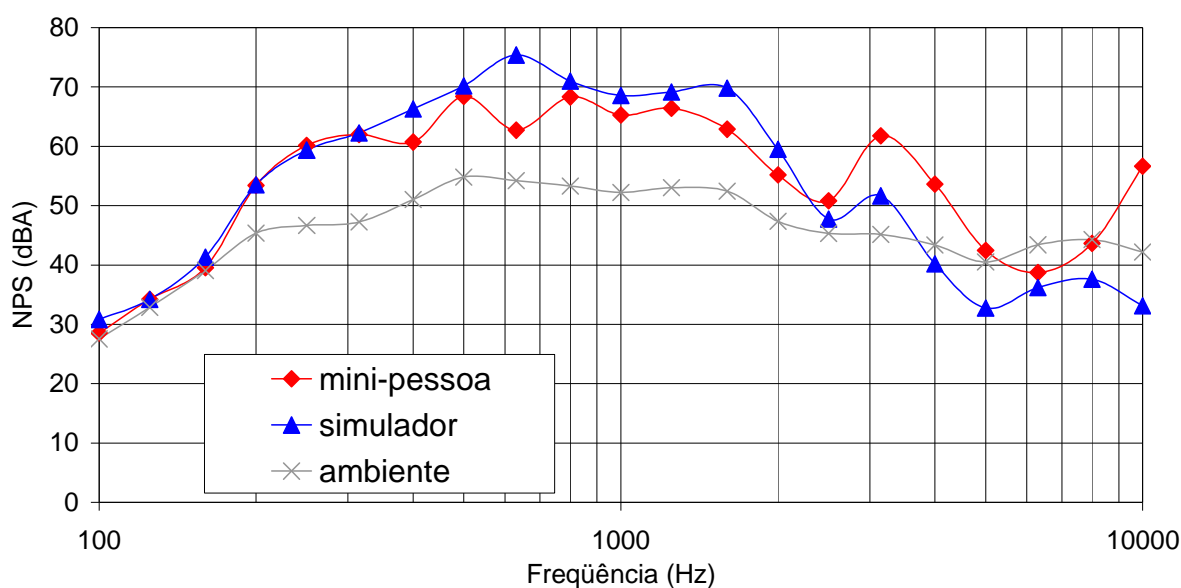


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
59,76	76,27	80,01	80,65	<b>4,38</b>
61,44	77,53	81,10	80,77	3,24
62,88	76,49	78,47	76,59	<b>0,10</b>
60,83	77,24	79,76	78,62	1,38
61,07	76,74	79,45	78,23	1,49
			Média	<b>2,12</b>

No gráfico 62 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo E deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 0,10 dB(A) e 4,38 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 2,12 dB(A).

### Indivíduo F – medição 1

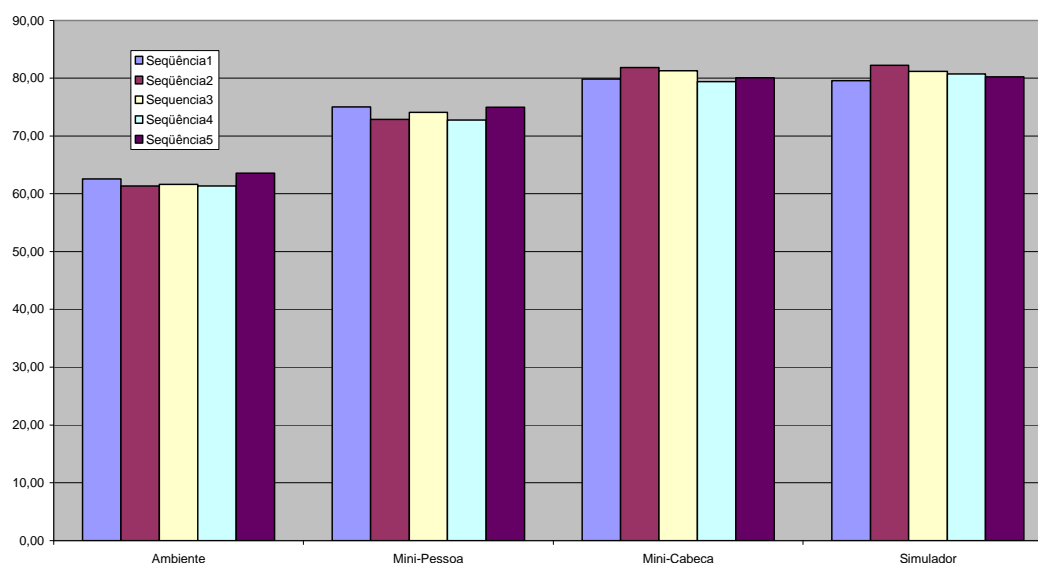
**Gráfico 63 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 63, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 125 Hz, com um

nível de 0,01 dB(A) a menos medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 4000 Hz, com um nível de 13,43 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 1,18 dB(A).

**Gráfico 64 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo F**

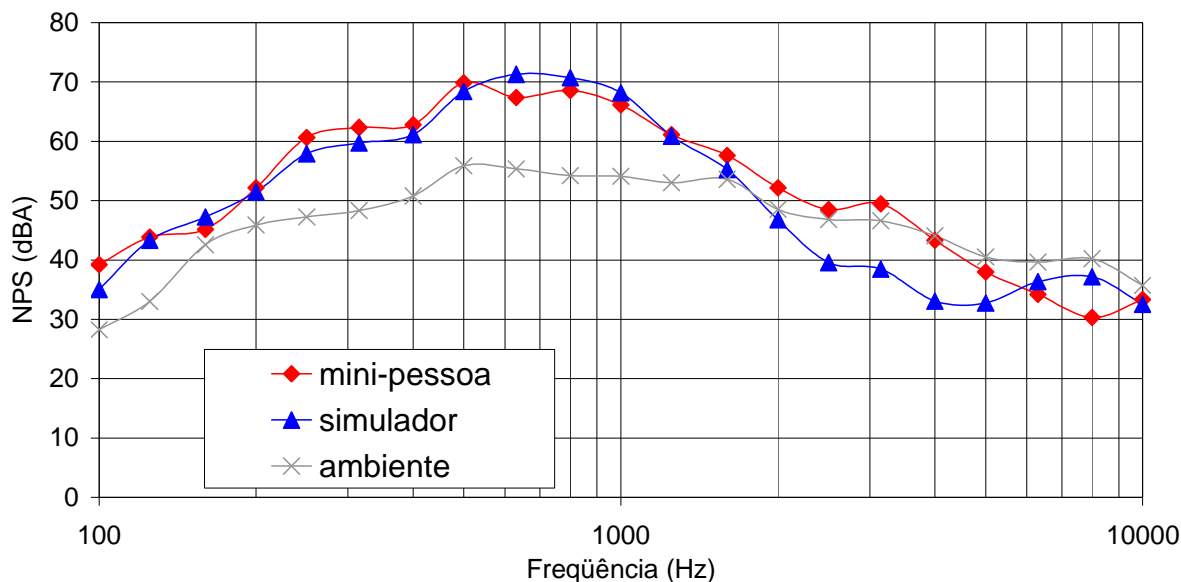


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
62,59	75,05	79,84	79,58	<b>4,53</b>
61,36	72,87	81,84	82,25	<b>9,39</b>
61,62	74,11	81,33	81,19	7,09
61,36	72,79	79,42	80,71	7,92
63,57	75,00	80,09	80,24	5,24
			Média	<b>6,83</b>

No gráfico 64 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo F deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 4,53 dB(A) e 9,39 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 6,83 dB(A).

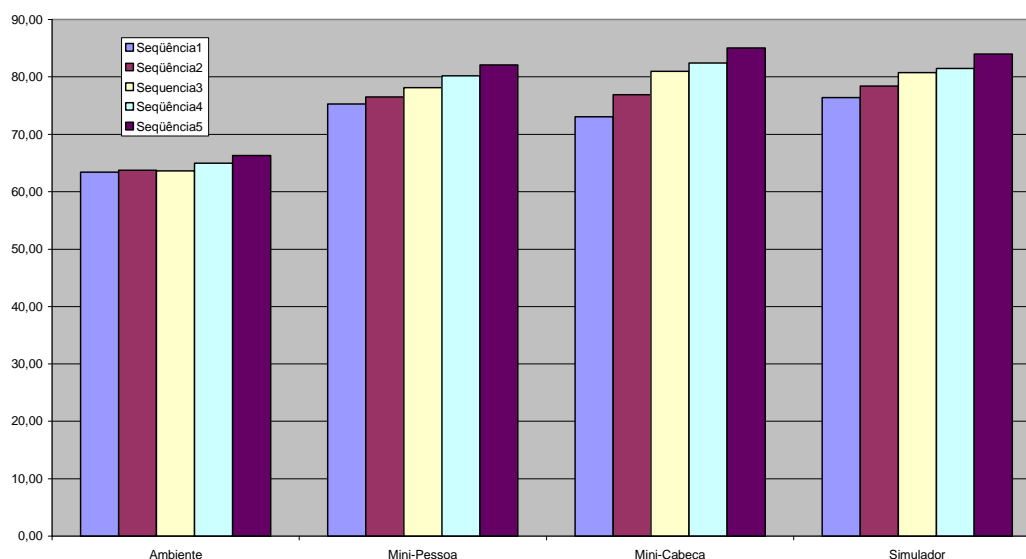
### Indivíduo G – medição 1

**Gráfico 65 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**



No gráfico 65, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 1250 Hz, com um nível de 0,22 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 3150 Hz, com um nível de 10,99 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 1,85 dB(A).

**Gráfico 66 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo G**

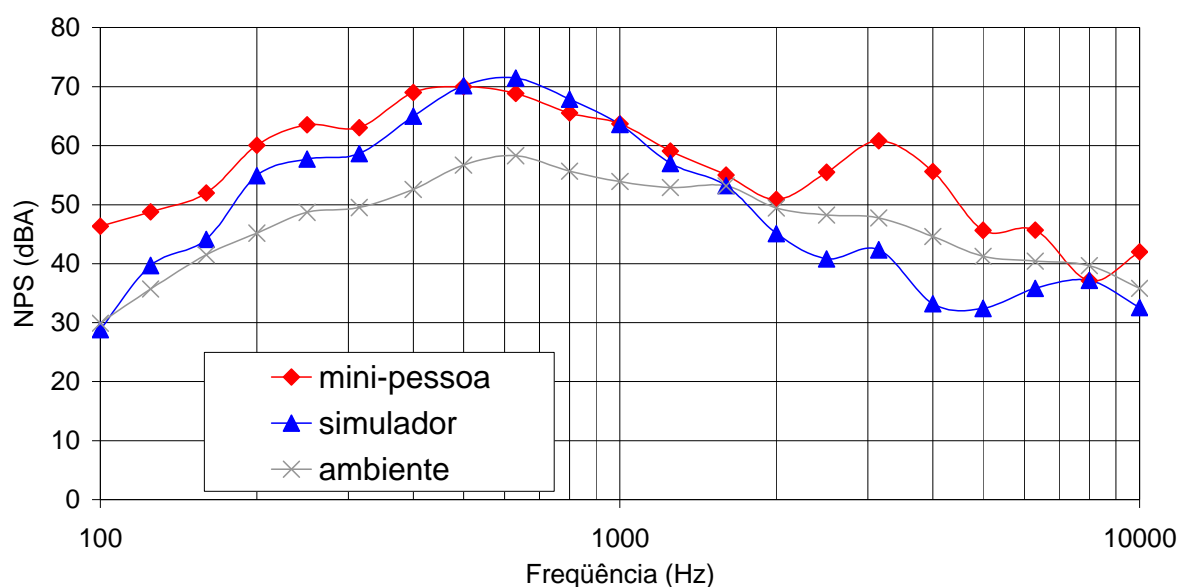


Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini- pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
63,43	75,28	73,06	76,38	<b>1,10</b>
63,71	76,49	76,90	78,40	1,91
63,61	78,13	81,01	80,80	<b>2,67</b>
64,99	80,22	82,40	81,48	1,26
66,32	82,08	85,03	84,02	1,94
			Média	<b>1,78</b>

No gráfico 66 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo G deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 1,10 dB(A) e 2,67 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 1,78 dB(A).

#### Indivíduo H – medição 1

**Gráfico 67 – Resultado das Medições através da Técnica com Minimicrofone em Ouvido Real x Técnica com Manequim**

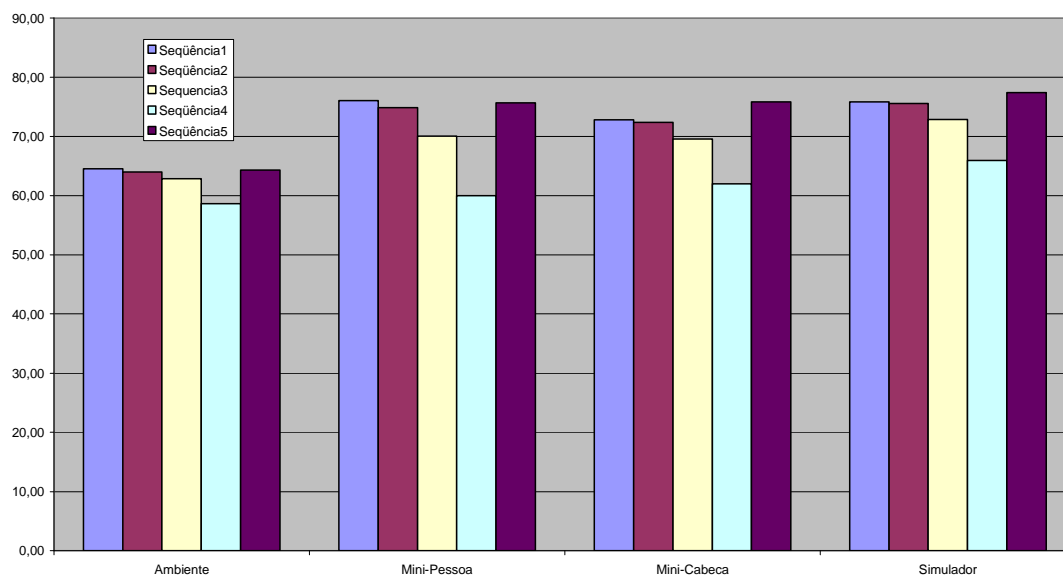


No gráfico 67, os resultados demonstram que a diferença mínima entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas ocorreu na frequência de 1.000 Hz, com um nível de 0,10 dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa), enquanto que a diferença máxima ocorreu na frequência de 4000 Hz, com um nível de 22,40



dB(A) a mais medido pelo minimicrofone em ouvido real (mini-pessoa). A média entre as diferenças dos níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas foi de 6,97 dB(A).

**Gráfico 68 – Nível Contínuo Equivalente em NPS-dB(A), para as 5 Medições Consecutivas do Indivíduo H**



Ambiente	Mini-Pessoa	Mini-Cabeca	Simulador	Diferença simulador – mini-pessoa Técnica com manequim X Técnica c/ minimic. em ouvido real
64,52	76,04	72,81	75,82	<b>-0,22</b>
63,98	74,86	72,35	75,57	0,71
62,83	70,07	69,54	72,89	2,82
58,62	59,98	62,01	65,94	<b>5,96</b>
64,33	75,65	75,86	77,41	1,76
			Média	<b>2,21</b>

No gráfico 68 é possível observar os diferentes níveis de pressão sonora contínuo equivalente medidos em cada uma das 5 medições para o indivíduo H deste setor. Na tabela do gráfico denota-se que a diferença mínima e máxima entre os níveis de pressão sonora medidos pelo simulador (técnica com manequim) e pelo mini-pessoa (técnica com minimicrofone em ouvido real) foi de 0,22 dB(A) e 5,96 dB(A), respectivamente, sendo a média das diferenças para as cinco medições igual a 2,21 dB(A).

## 5.7 Discussão do capítulo

As medições terem sido realizadas em bandas de terço de oitava para a faixa de frequência de 100 Hz a 10.000 Hz, conforme recomendado pelas normas ISO/DIS 11904-1 e 11904-2, e ao final, foram apresentados gráficos com valor único para cada uma das medições denominado de nível contínuo equivalente. Justificamos a apresentação dos dados dessa maneira pelo fato de a Legislação brasileira que regulamenta os limites de tolerância para a máxima exposição diária de ruído assim o determinar, então para fins legais de controle da exposição ao ruído, no Brasil, esses dados revelam a exposição diária real do operador de telemarketing, servindo de base para programas de prevenção e controle das doenças ocupacionais relacionadas ao ruído.

Para fins de esclarecimento, segundo Gerges (2.000), a Portaria 3214 de 1978 do Ministério do Trabalho e Emprego regulamenta os níveis máximos de exposição diária permissível de acordo com o quadro 5.

Quadro 5. Limites do NPS – Portaria 3214/1978.

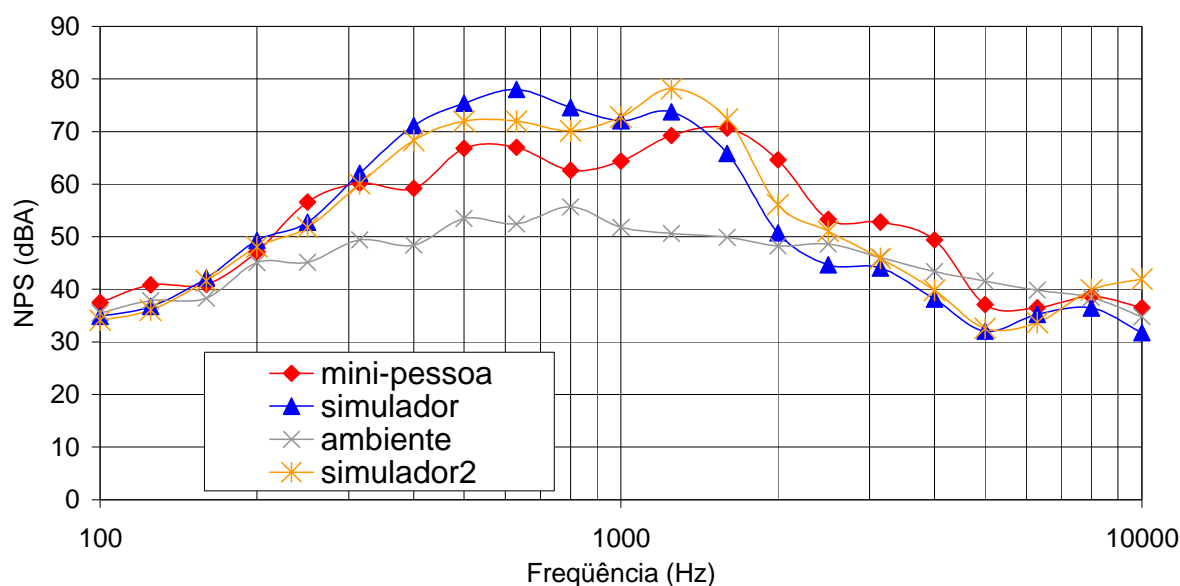
NPS dB (A)	Máxima exposição diária permissível
85	08 horas
86	07 horas
87	06 horas
88	05 horas
89	04 horas e 30 minutos
90	04 horas
91	03 horas e 30 minutos
92	03 horas
93	02 horas e 30 minutos
94	02 horas e 15 minutos
95	02 horas
96	01 hora e 45 minutos
98	01 hora e 15 minutos
100	01 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos

Conforme descrito anteriormente, após terem sido realizadas as coletas de dados em campo, ou seja, após a realização das medições dos níveis de pressão sonora a que os operadores de telemarketing estão expostos, através das duas técnicas: a técnica usando microfones no ouvido real (ISO/DIS 11904-1) e a técnica usando manequim (ISO/DIS 11904-2), cada um dos níveis das bandas de terço de oitava, foram ajustados com a resposta em frequência para campo difuso ( $\Delta L_{DF,f}$  para ouvido real e  $DL_{DF,f}$  para o manequim), para obter os níveis de pressão sonora correspondentes apresentados em bandas de terço de oitava em campo difuso, antes de esses níveis serem ajustados usando a curva de ponderação A.

Segundo a norma ISO/DIS 11904-2, os valores para a correção da resposta em frequência de campo difuso na técnica utilizando manequim ( $DL_{DF,f}$ ) pode ser obtida a partir da norma ITU-T P.58:1993, Tabela 3/P.58, quando utilizado um manequim com tronco e cabeça. Porém, em nosso estudo, utilizamos somente um manequim de cabeça, sem o tronco. Devido a essa variação no método, tornou-se necessário realizar a curva de resposta em campo difuso para o manequim de cabeça utilizado, cujos valores encontram-se no anexo 4.

A partir da nova tabela de correção ajustada às características do manequim utilizado no estudo, as diferenças entre os resultados obtidos através das duas técnicas diminuiu, evidenciando maior fidedignidade entre eles, e apontando esse tipo de variação como um possível fator gerador de incerteza nas medições, nos casos em que a situação não permita realizar estudos para estabelecimento dos valores da curva de resposta exata para as correções necessárias.

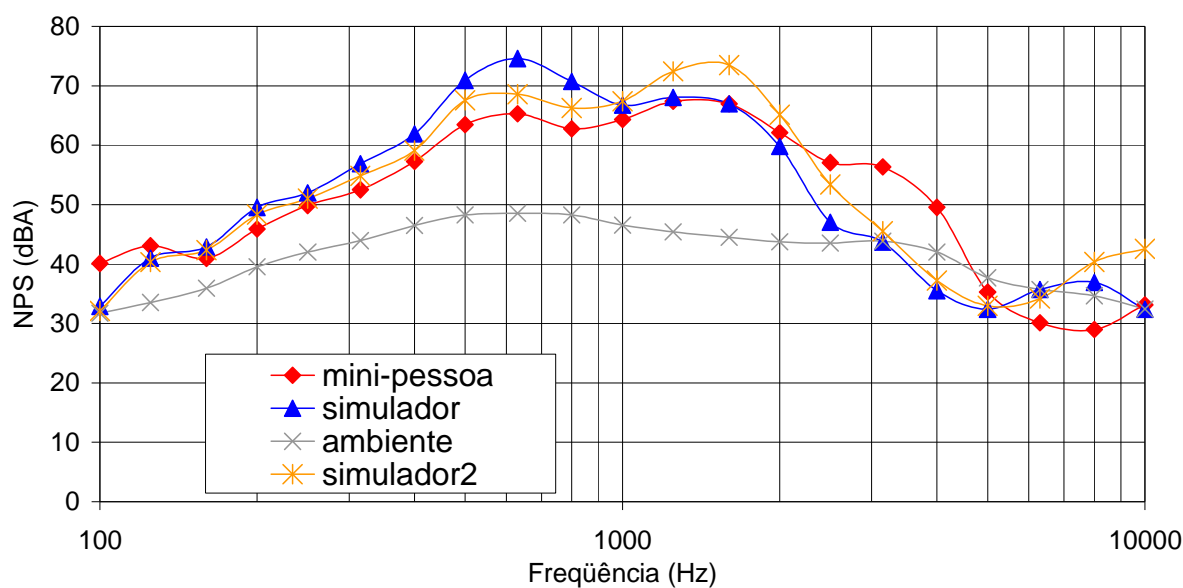
### 5.7.1- Gráfico 69 - Resultados de Uma Medição junto a 1 Operador do Setor Receptivo – Turno 1



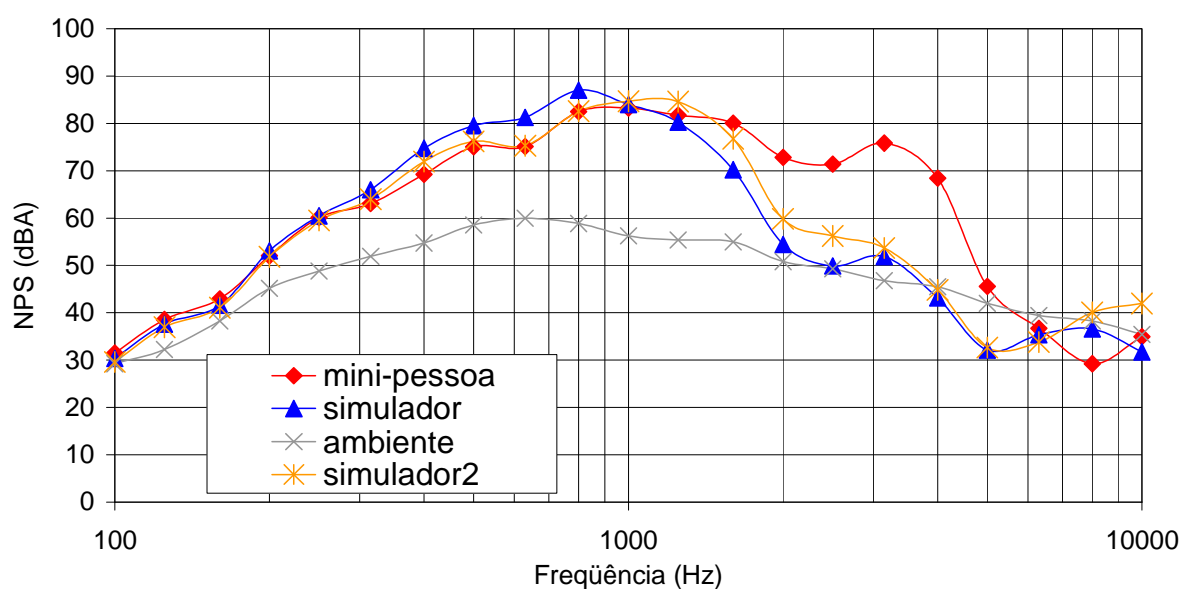
#### **\*Observação: descrição da legenda do gráfico**

- mini-pessoa – corresponde aos níveis de pressão sonora medidos pela técnica de medição com minimicrofone em ouvido real – ISO/DIS 11904-1.
- simulador – corresponde aos níveis de pressão sonora medidos pela técnica de medição com manequim – ISO/DIS 11904-2, cuja curva de correção para resposta de frequências em campo difuso foi obtida a partir da norma ITU-T P.58:1993, Tabela 3/P.58
- ambiente – corresponde aos níveis de pressão sonora do ruído de fundo (ambiente). microfone
- simulador 2 - corresponde aos níveis de pressão sonora medidos pela técnica de medição com manequim – ISO/DIS 11904-2, cujos valores da curva de correção para resposta de frequências em campo difuso que determinamos em campo sonoro difuso, no laboratório de ruído industrial – LARI da UFSC.

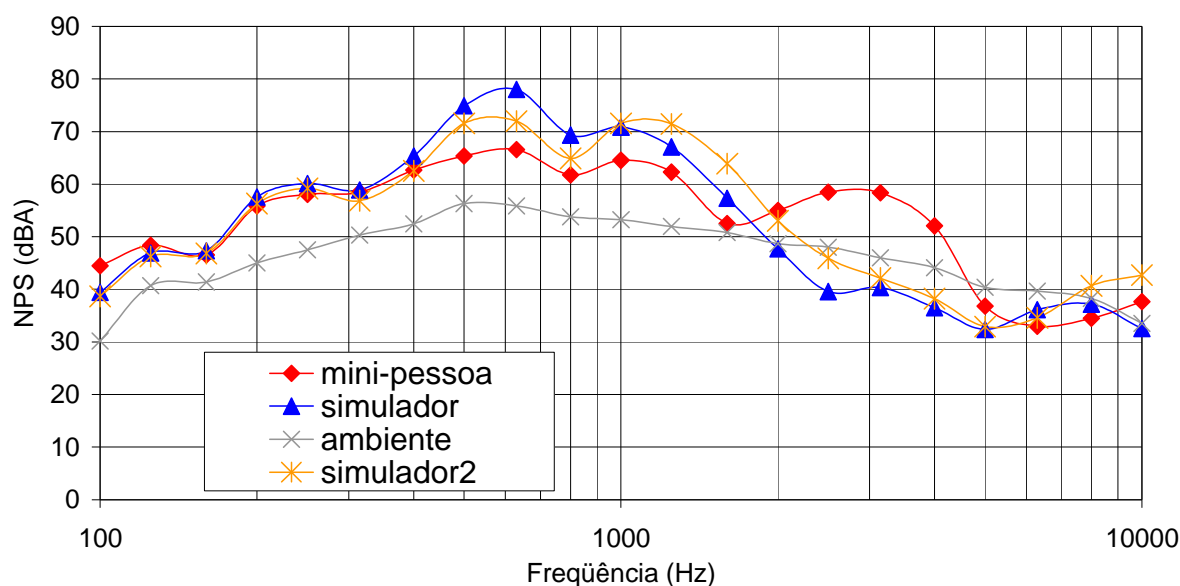
**5.7.2- Gráfico 70 - Resultados de Uma Medição junto a um Operador o Setor Receptivo – Turno 2**



**5.7.3- Gráfico 71 - Resultados de Uma Medição junto a um Operador o Setor Ativo – Turno 1**



#### 5.7.4- Gráfico 72 - Resultados de Uma Medição junto a um Operador do Setor Ativo – Turno 2



Quanto aos resultados recém apresentados é possível observar nos gráficos que a curva denominada “simulador2”, que corresponde aos níveis de pressão sonora medidos pela técnica de medição com manequim – ISO/DIS 11904-2, cujos valores da curva de correção para resposta de frequências em campo difuso foram determinados no LARI, apresenta níveis de pressão sonora NPS dB(A) mais próximos à curva com os resultados obtidos pela técnica com minimicrofone em ouvido real - ISO/DIS 11904-1 (no gráfico “mini-pessoa”), comparada com a curva denominada “simulador”, cuja curva de correção para resposta de frequências em campo difuso foi obtida a partir da norma ITU-T P.58:1993, Tabela 3/P.58

Isso denota a importância de se aplicar corretamente a norma, seguindo à risca a utilização de materiais por ela descritos ou a necessidade de se realizar os ajustes adequados quando se tratar de alguma derivação no método, a fim de evitar erros de medição contribuindo para as incertezas do processo de medição.

Em relação aos níveis de pressão sonora contínuo equivalente NPS dB(A), apresenta-se na tabela 1 a média linear das diferenças entre cinco medições realizadas para cada um dos indivíduos da amostra. A diferença foi calculada através do seguinte modo:

NPS dB(A) contínuo equivalente obtido através da técnica com manequim – (menos) NPS dB(A) contínuo equivalente obtido através da técnica com minimicrofone em ouvido real. Somou-se as diferenças encontradas para cada uma das cinco medições realizadas para cada indivíduo e dividiu-se por 5.

Nas colunas “A” encontram-se os resultados das medições nos quais aplicou-se a curva de correção para resposta de frequências em campo difuso obtida a partir da norma ITU-T P.58:1993, Tabela 3/P.58

Nas colunas “B” encontram-se os resultados das medições nos quais aplicou-se a curva de correção para resposta de frequências em campo difuso por nós elaborada.

Tabela 1 - Média Linear das Diferenças entre Cinco Medições realizadas para cada um dos Indivíduos da Amostra

Setor Receptivo Turno 1		Setor Receptivo Turno 2		Setor Ativo Turno 1		Setor Ativo Turno 2	
A	B	A	B	A	B	A	B
-1,13	1,28	7,25	7,91	5,05	2,96	5,36	5,36
7,11	6,10	9,28	8,15	1,03	-0,08	8,37	6,22
-2,29	-3,50	9,08	8,77	1,03	-2,26	6,35	7,11
0,36	0,09	5,46	2,92	3,30	-0,19	3,69	2,03
1,37	-0,76	7,47	7,36	-0,83	-3,57	2,12	2,58
2,73	1,35	-3,88	-7,62	-0,24	-3,28	6,83	6,76
2,97	1,64	1,87	1,15	-0,22	-2,28	1,78	1,87
-5,21	-6,35	-6,82	-10,57	1,97	-1,35	2,21	-0,73

Na tabela 1, é possível observar através das médias calculadas e apresentadas, que, quando foi utilizada a curva de correção para resposta de frequências em campo difuso determinada no LARI, as diferenças entre os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas em discussão foram menores na grande maioria das vezes.

Porém, apesar disso, tanto numa situação (com um tipo de curva de correção) quanto noutra (com outro tipo de curva de correção) houve diferença entre os resultados das medições realizadas pelas duas técnicas (técnica com minimicrofone em ouvido real e técnica com manequim). Atribui-se essas diferenças a fatos como:

1. O manequim permanece estático, enquanto que o operador movimenta-se continuamente durante os atendimentos, o que gera, por exemplo, atritos na roupa que provocam ruídos adicionais que são transmitidos pelas próprias estruturas anatômicas do indivíduo ao minimicrofone.

2. No operador há a geração de ruídos fisiológicos, resultantes da respiração, dos batimentos cardíacos e do peristaltismo gastrointestinal, que também podem ser transmitidos através das estruturas anatômicas para o minimicrofone.
3. Os ruídos gerados pela própria fonação do operador ao dialogar com o seu interlocutor durante o atendimento, que podem chegar ao minimicrofone pelas estruturas anatômicas e também por via aérea.
4. Quanto ao manequim, por ser de uma estrutura mais sólida, e não conter estruturas que possam absorver e reduzir vibrações a exemplo da estrutura muscular do indivíduo, acaba recebendo vibrações das estruturas as quais está apoiado, neste caso da mesa do operador, que contém vibrações geradas pelo funcionamento do microcomputador, pela digitação, por batidas do próprio operador ou dos colegas sobre a bancada, uma vez que os postos de trabalho são contíguos, além da vibração estrutural predial.

### **5.8 Recomendações Gerais na Aplicação das Técnicas**

A partir da execução das medições em campo, observarmos a necessidade de se voltar a atenção a alguns fatores importantes que podem comprometer os resultados destas. Por isso, com o objetivo de melhor adequação na aplicação tanto da técnica que preconiza a utilização de microfone em ouvido real quanto da técnica que preconiza a utilização de manequim, na medição da exposição ao ruído de usuários de fones de ouvido, é prudente que o responsável pelas medições procure adotar as recomendações abaixo relacionadas, além das já descritas nas normas.

- Realizar uma anamnese padrão (levantamento da história clínica do indivíduo) e a inspeção do sistema auditivo através de otoscopia, antes da colocação do minimicrofone junto à orelha do colaborador (operador) no qual se fará a medição dos níveis de exposição ao ruído, e em caso de indícios de alterações na saúde auditiva e/ou geral, evitar de realizar a medição, substituindo o indivíduo por outro colega do mesmo setor;

- Orientar a retirada de brincos, tiaras, e outros aparatos que possam gerar desconforto e ruídos adicionais durante a medição, inclusive afastar e/ou amarrar os cabelos quando muito volumosos ou compridos;

- Orientar o indivíduo colaborador quanto ao procedimento a ser realizado, solicitando a sua gentileza em não realizar movimentos bruscos e realizando somente os movimentos mínimos necessários durante a medição;



- Solicitar ao indivíduo colaborador que procure não tossir, eructar e/ou gerar outros ruídos orgânicos voluntários durante a medição;
- Retirar peças do vestuário cujo atrito gere ruído (jaquetas de napa, agasalhos de tãctel, etc.);
- Solicitar ao colaborador que não bata sobre a bancada, ou mesmo seu pé sobre os pés de sua cadeira;
- No caso do manequim, procurar não apoiá-lo sobre a mesa de trabalho do operador, a fim de evitar que receba as vibrações resultantes da digitação no teclado do computador, as vibrações do próprio funcionamento do computador, estabilizador e outros equipamentos. Apoiá-lo de preferência em apoio extra, e se possível com pés de borracha evitando absorção das vibrações do próprio edifício;
- Fixar corretamente o fone de ouvido, evitando que este se movimente durante a medição. Se necessário fixá-lo com fita adesiva;
- Atentar para a correta pressão do arco do fone sobre o manequim;
- Realizar no mínimo de 5 a 10 medições para cada indivíduo.

No capítulo seguinte apresentaremos uma análise de incertezas relativa às técnicas de medição empregadas neste estudo.

## 6. ANÁLISE DE INCERTEZA DAS MEDIÇÕES

### 6.1 Conceitos gerais sobre incerteza de medição

Segundo o Guia para a Expressão da Incerteza de Medição – GEIM (2003), todas as medições estão afetadas por erros que podem ser provenientes do mensurado, do instrumento de medição e de grandezas de influência externa. Ao se considerar que os erros não podem ser perfeitamente conhecidos, pode-se afirmar que o resultado da medição está contaminado por uma incerteza. Porém, ainda assim é possível obter informações confiáveis, desde que o resultado da medição venha acompanhado da respectiva incerteza.

Quanto aos efeitos dos erros das medições, estes podem ser classificados como:

- efeito sistemático: não pode ser eliminado totalmente, mas em geral pode ser reduzido, corrigindo-se o resultado da medição;
- efeito aleatório: não pode ser corrigido no resultado da medição, mas minimizado com o aumento do número de medições que compõem o resultado.

Na prática existem fontes de incertezas tais como:

- definição incompleta do mensurado;
- amostras não representativas do mensurado;
- condições ambientais não compensadas ou compensadas inadequadamente no resultado da medição;
- erros de leitura cometidos pelo operador;
- erros devido à resolução do instrumento;
- valores inexatos de constantes e parâmetros obtidos de fontes externas e usados no algoritmo de redução de dados;
- aproximações e suposições incorporadas ao método e procedimento de medição.
- variações registradas em repetidas medições do mensurado, sob condições aparentemente idênticas.

De acordo com o GEIM (2003), a incerteza padrão ( $u$ ), é a incerteza do resultado de uma medição expressa como um desvio padrão. Já a incerteza expandida ( $U$ ), é uma grandeza que define um intervalo em torno do resultado de uma medição, com o qual se espera abranger uma grande fração da distribuição dos valores que possam ser razoavelmente atribuídos ao mensurado. A incerteza expandida geralmente corresponde a um intervalo de confiança de 95 % de probabilidade. Enquanto que o fator de abrangência ( $k$ ), é um fator numérico usado como multiplicador da incerteza padrão combinada de modo a obter uma

incerteza expandida.

O objetivo principal do estudo quantitativo de cada fonte de incerteza é a aplicação no balanço de incertezas.

Algumas fontes de incerteza podem ser desconsideradas porque sua influência é muito pequena diante das outras fontes. Considera-se “muito pequeno” valor em torno de 20 vezes menor do que a maior fonte de incerteza. Se a grandeza de influência não puder ser desprezada deve-se estimar o parâmetro denominado *incerteza padrão* ( $u$ ) da respectiva grandeza pesquisada. A equação 6.1 representa de um modo geral a relação entre *incerteza padrão* ( $u$ ) e a *incerteza expandida* ( $U$ ) de uma determinada grandeza, mostrando a necessidade de um fator de correção aqui chamado *fator de abrangência* ( $k_x$ ). Esse último é determinado através dos *graus de liberdade* ( $v$  - pronuncia-se “ni”) que são estimados em função do modo como foram obtidos os dados da grandeza  $x$ .

$$U(x) = k_x \cdot u(x) \quad 6.1$$

### 6.1.1 Incertezas do Tipo A e Tipo B

Há duas formas de se avaliar as incertezas que, por sua vez, são denominadas de *avaliação Tipo A* e *avaliação Tipo B*.

A avaliação da incerteza *Tipo A*, é um método de avaliação da incerteza pela análise estatística de séries de observações. Na maioria dos casos, a melhor estimativa disponível do valor esperado  $\mu_q$  de uma grandeza  $q$  que varia aleatoriamente e para a qual  $n$  observações independentes  $q_k$  foram obtidas sob as mesmas condições de medição, é a **média aritmética** ou **média**  $\bar{q}$  das  $n$  observações:

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k \quad 6.2$$

A avaliação da incerteza *Tipo B*, é um método de avaliação da incerteza por outros métodos que não a análise estatística de série de observações. Aqui, baseia-se em todas as informações disponíveis sobre a possível variabilidade de  $X_i$ . O conjunto de informações pode incluir:

- dados de medições prévias;
- a experiência ou o conhecimento geral do comportamento e propriedades de

- materiais e instrumentos relevantes;
- especificações do fabricante;
- dados fornecidos em certificados de calibração e outros certificados;
- incertezas atribuídas a dados de referência extraídos de manuais.

## 6.2 Questões de linearidade na utilização da escala decibel

É importante prever possíveis problemas que podem ocorrer no balanço ou cálculo de incertezas. Um deles diz respeito à escala de medição, ou tipo de unidade, usada na combinação das incertezas. Todos os valores de incerteza padrão que entram nos cálculos devem estar na mesma unidade. Em nosso caso a unidade de NPS em dB referente a 20  $\mu$ Pa é compatível com os decibéis das incertezas dos instrumentos de medição, ou seja, todos os valores estarão em decibel. Portanto não provocará problemas de unidades incompatíveis. Entretanto, o decibel é uma escala não-linear o que pode causar erros desde a conversão das incertezas expandidas em incertezas padrão, e vice-versa, além de problemas nos cálculos do balanço de incertezas. Uma possível solução seria a transformação em valores percentuais, ou em valores por unidade.

De qualquer forma, neste trabalho o balanço de incertezas será calculado com valores em decibel, baseando-se em três fatos:

- 1- No “Suplemento 1, Exemplos, da Versão brasileira do documento de referência EA-4/02-S1” existe um exemplo de cálculo de incertezas feito diretamente em dB. A ordem de grandeza da incerteza obtida naquele exemplo é relativamente pequena,  $U = 0,045$  dB, sendo esse o provável motivo do uso da escala decibel;
- 2- Traçando gráficos da escala decibel em função da escala linear percentual é possível observar que os valores em torno de  $\pm 1$  dB seguem um comportamento aproximadamente linear, enquanto valores em torno de  $\pm 5$  dB ou maiores, são visivelmente não-lineares. Considerando também que o valor esperado para a incerteza total é inferior a  $\pm 1,0$  dB haverá menos chances de comprometimento do resultado final devido a não-linearidades da escala decibel. Ver figuras 6.1 e 6.2;
- 3- É seguro utilizar-se da operação de soma diretamente em escala dB. Ao somar parcelas de incertezas em dB obtendo uma incerteza combinada ( $u_c$ ) também em dB, esse último valor será igual ou maior do que quando é efetuada a conversão de valores de dB para percentual, ou outra escala linear. Ou seja, pode-se estimar a incerteza total

por ambas as formas de maneira segura, porém somar diretamente em dB ocasiona um aumento na incerteza global estimada.

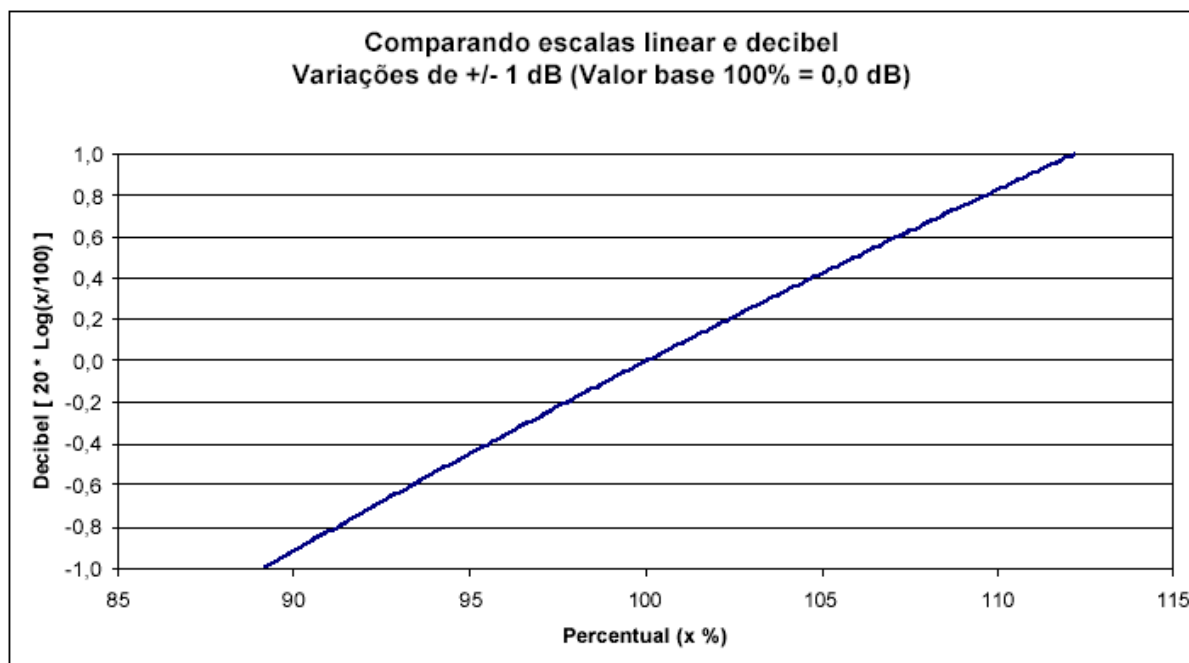


Figura 12 - Comparativo de linearidade entre escala linear e decibel

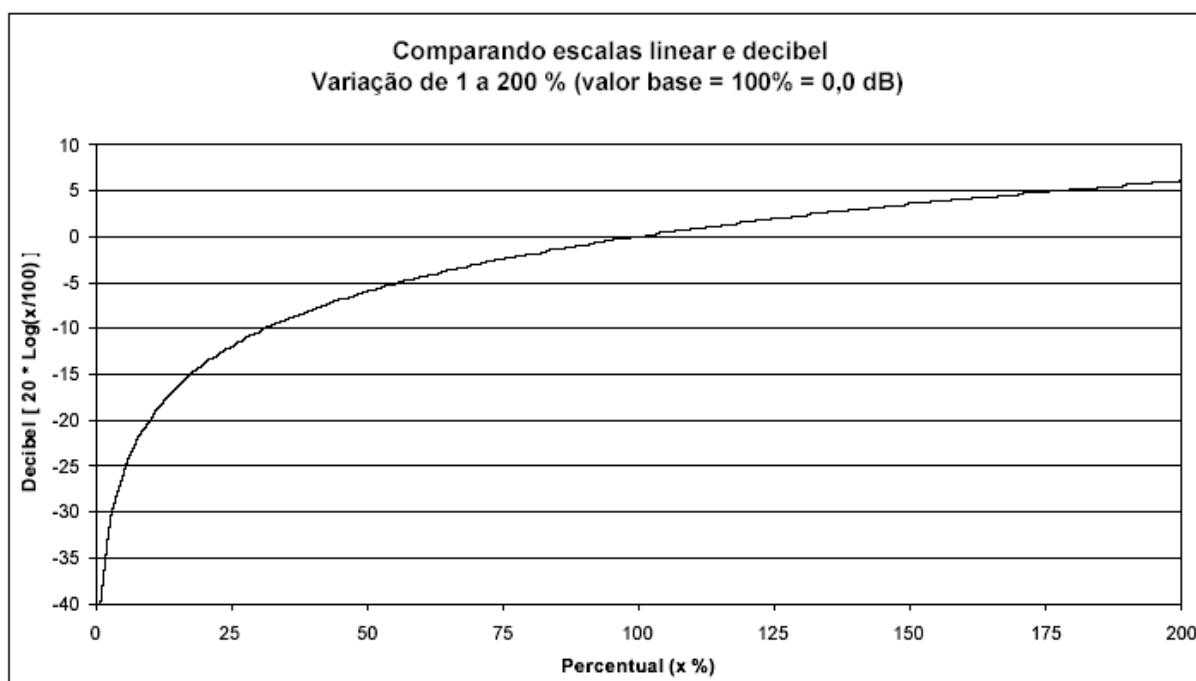


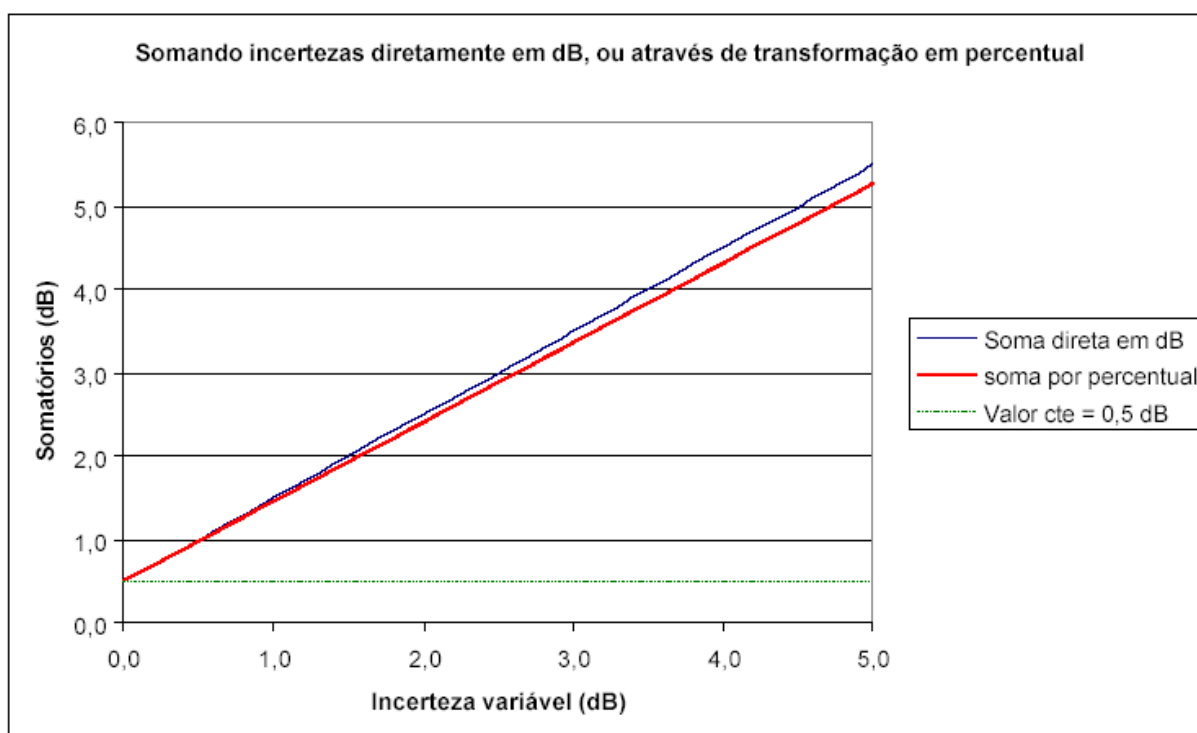
Figura 13 - Comparativo de linearidade entre escala linear e decibel

A demonstração da afirmação anterior pode ser vista na figura 14, onde há uma incerteza constante de 0,5 dB, somada a uma incerteza variável, onde a reta que representa o somatório feito diretamente em dB alcança valores ligeiramente superiores aos da curva que

representa o somatório previamente convertido em percentual. O mesmo fato ocorre com a soma quadrática, ou seja, é seguro utilizar os valores diretamente em dB quando se soma duas variáveis para estimar incertezas. As equações *a* e *b* ilustram o significado da demonstração da figura 14, mas não provam a afirmação com deduções matemáticas. Na equação *a* as variáveis *A* e *B* são somadas de forma algébrica, e em *b* são somadas de forma quadrática, esse último tipo de operação será necessária no balanço de incertezas para somar variáveis não correlacionadas.

$$|A_{dB}| + |B_{dB}| \geq |A_{\%}| + |B_{\%}| \quad \text{Equação a}$$

$$\sqrt{(A_{dB})^2 + (B_{dB})^2} \geq \sqrt{(A_{\%})^2 + (B_{\%})^2} \quad \text{Equação b}$$



**Figura 14 - Demonstrativo do somatório de incertezas em decibel**

## **6.3 Fontes de incertezas relacionadas com a medição de exposição ao ruído ocupacional**

### **6.3.1 A abordagem da norma ISO 11904-1 sobre a análise de incertezas**

Ao se verificar as normas pode-se identificar que nestas há informações relativas à análise de incertezas, por isso é importante lembrar que os anexos da norma são informativos e propõem apenas exemplos de análises de incertezas para estes tipos de medições específicas, não se constituindo portanto nem em uma análise de incertezas e nem uma recomendação rígida para esta, portanto, não é necessário seguir à risca todo seu conteúdo e/ou determinações.

O cálculo da incerteza do resultado final da medição depende de qual técnica foi usada, se a técnica de medição em ouvido real (como descrita na parte 1 da norma ISO 11904) ou a técnica usando manequim (como descrito na parte 2 da ISO 11904).

Para a técnica em ouvido real, uma questão chave é o grau para o qual um número limitado de indivíduos representa uma população. Para a técnica usando manequim a questão correspondente é o grau para o qual o manequim representa um ser humano médio. Para cada uma das técnicas a incerteza também depende se os dados (correções) para a resposta em frequência do campo livre ou do campo difuso foram obtidos das tabelas das respectivas normas, ou determinados individualmente para os seres humanos (participantes) ou para o tipo de manequim usado.

O quadro 6 dá uma visão geral do impacto no resultado final de algumas fontes de erro típicas quando se usa cada uma das duas partes da ISO 11904. Alguns valores típicos de fontes de erro selecionadas são: a posição inexata no conduto auditivo, o uso de número finito de indivíduos, uso de dados da tabela para a resposta em frequência de campo livre ou de campo difuso. Segundo a norma, a informação pode ser útil para estimar a incerteza de uma medição e, para a técnica em ouvido real, para determinar o número requerido de indivíduos a fim conseguir uma exatidão estatística desejada. Além disto, cada uma das partes da ISO 11904 contem um anexo separado com um exemplo de cálculo da incerteza para a respectiva técnica de medição.

Quadro 6 - Visão geral das fontes de erro típicas e de seu impacto em várias situações

Fonte de erro (ou "fonte de incerteza")	Parte 1 (técnica "MIRE")		Parte 2 (manequim)	
	$\Delta L_{FF}$ ou $\Delta_{DF}$ da tabela	$\Delta L_{FF}$ ou $\Delta_{DF}$ determinado individualmente	$\Delta L_{FF}$ ou $\Delta_{DF}$ da tabela	$\Delta L_{FF}$ ou $\Delta_{DF}$ determinado individualmente
Ajuste inexato do campo de referência do microfone, ou dados inexatos usados para resposta em frequência.	–	+	–	+
Ajuste inexato do canal auditivo ou microfone do manequim, ou dados inexatos usados para sua resposta em frequência.	+	0	+	0
Instabilidade da sensibilidade ou resposta em frequência (entre medições) do conduto auditivo ou microfone no manequim.	–	+	–	+
Posição inexata do microfone no conduto auditivo	+(ver A.2)	0	–	–
Desvio entre o campo sonoro de referência e o campo sonoro pretendido	–	+	–	+
Diferenças entre o manequim e a população humana	–	–	+(ver A.4.1)	+(ver A.4.2)
Número finito de indivíduos	+(ver A.3.1)	+(ver A.3.2)	–	–
Variações no som sob teste	+	+	+	+
+ impacto direto no resultado final 0 "cancela no resultado final" - não se aplica				

As referências sobre A.3.1 e A.3.2 vistas no quadro anterior, que são subseções da norma ISO 11904-1, dizem respeito às explicações sobre cálculos de desvios padrão de valores de níveis de pressão sonora medidos no conduto auditivo dos indivíduos. A subseção A.3.1 da norma, que descreve o cálculo de desvio padrão quando são usados os dados da tabela para a resposta em frequência de campo livre ou de campo difuso.

O erro ou o desvio padrão da média (dentre os indivíduos) para o campo livre relacionado com o nível de pressão sonora,  $\sigma(\bar{L}_{FF,f})$ , ou o erro padrão da média (dentre os indivíduos) para o campo difuso relacionado com o nível de pressão sonora,  $\sigma(\bar{L}_{DF,f})$ , pode ser calculado a partir do:

1) desvio padrão (entre indivíduos) do nível de pressão sonora no canal auditivo,  $\sigma(\bar{L}_{ear,exp,f})$ , e

2) do número de indivíduos,  $n$ :



$$\sigma(\bar{L}_{FF,f}) \approx \sigma(\bar{L}_{DF,f}) \approx \sqrt{\frac{\sigma^2(L_{ear,exp,f})}{n}}$$

De acordo com a norma ISO 11904-1 em seu anexo “B”, o que segue é um exemplo de como as incertezas podem ser estimadas para uma determinação hipotética de  $L_{FF,Aeq}$  ou  $L_{DF,Aeq}$  de um fone de ouvido supra-aural tipo-aberto. Isto não deve ser assumido como uma lista (exaustiva) de todas as possíveis incertezas, nem um guia para valores típicos, mas apenas um exemplo de uma análise de incerteza para uma situação específica. O exemplo está de acordo com as regras dadas no ISO GUM (GEIM) “Guia para a expressão da incerteza de medição”.

No exemplo hipotético, que consta no anexo da norma, observam-se as seguintes características:

- microfones miniatura (mini-microfones) de acordo com item 5.1 da norma ISO 11904-1;
- as respostas em frequência individuais de campo livre ou campo difuso dos indivíduos em teste de acordo com o item 9 da norma; que pede valores estabelecidos no quadro 3 desta tese - Resposta em Frequência de Campo Livre ou Difuso para Posições Seleccionadas de Medição no Canal Auditivo, apresentada no capítulo 2;
- ruído rosa ou ruído (branco) o qual simula fala e música de acordo com IEC 60268-1 como um sinal de teste na entrada do fone de ouvido;
- o resultado médio em ambos os ouvidos de oito indivíduos sob teste;
- seis medições em um ouvido de cada um dos oito indivíduos sob teste;
- a medição de referência da resposta em frequência repetida imediatamente depois da medição do som sob teste e foi cuidadosamente verificado por comparação com a primeira medição; se desvios não-esperados ocorreram o procedimento de medição foi repetido completamente.

A análise de incerteza foi desenvolvida para o resultado final de  $L_{FF,Aeq}$  ou  $L_{DF,Aeq}$ .

$L_{FF,Aeq}$  ou  $L_{DF,Aeq}$  como uma função dos componentes de influência foi aproximado através de um modelo linear.

Para este exemplo a incerteza combinada e expandida é baseada em um desvio padrão multiplicado por  $k = 2$ , fornecendo um intervalo de confiança de aproximadamente 95 %.

O exemplo seguinte é um cálculo de incerteza que foi computado considerando-se seis fontes de incertezas diferentes. Os componentes correspondentes são avaliados como o tipo incertezas de B.

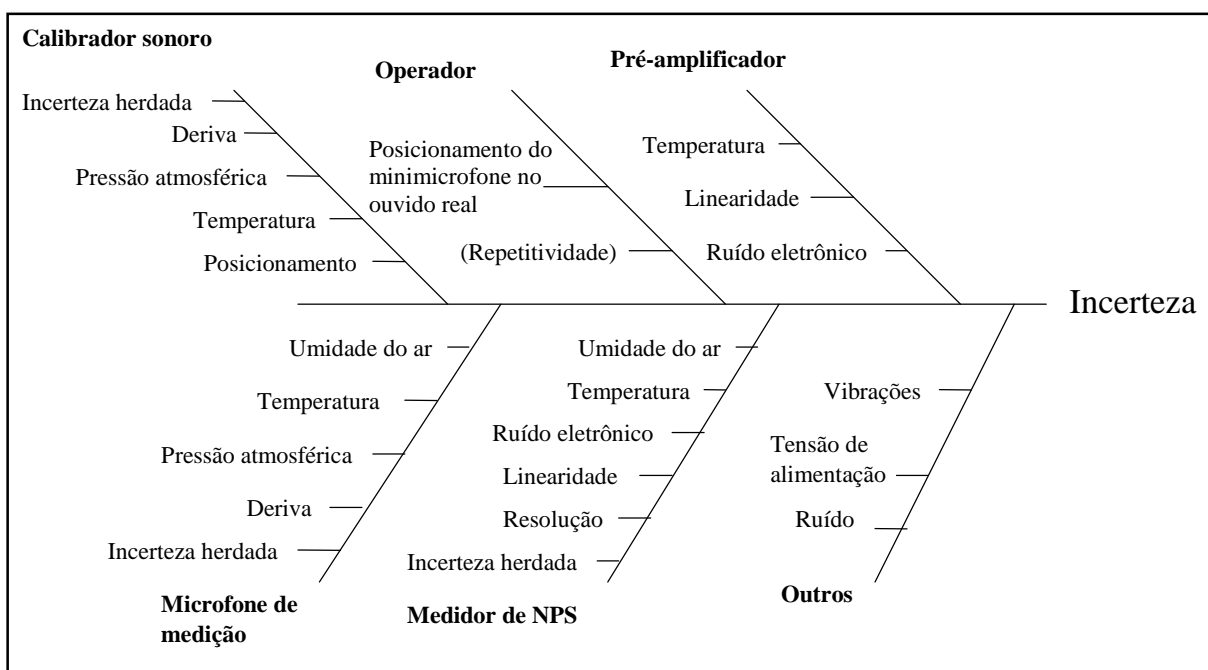
*Tabela 2 – Balanço de incertezas segundo norma ISO 11904-1 para técnica de medição em ouvido real.*

Componente	Desvio padrão dB
Sensibilidade do microfone e do medidor de nível de pressão sonora (analisador)	
A incerteza de $L_{Aeq}$ associada com a calibração do microfone e uso do medidor de pressão sonora para medir o campo sonoro de referência é assumida / estimada em $\pm 0,2$ dB. Com distribuição retangular. Isto é equivalente a um desvio padrão de $0,2 \text{ dB} / \sqrt{3} = 0,12 \text{ dB}$	0,12
Desvios da resposta em frequência	
A incerteza de $L_{Aeq}$ associada com desvios relacionadas à respostas em frequências, obtida em testes com indivíduos e a medição de referência, associadas com o desvio das respostas em frequências individuais $\Delta L_{FF,f}$ ou $\Delta L_{DF,f}$ dos indivíduos em teste daquela média sobre um grande número de pessoas é estimado em $\pm 0,7$ dB	0,7
Nível do sinal de teste	
A incerteza de $L_{Aeq}$ associada com desvios entre o sinal usado no teste e o do sinal especificado em norma (padronizado) é $\pm 0,12$ dB	0,12
Influência do clima	
O clima no laboratório para a medição do campo sonoro de referência, estava dentro de uma faixa, onde tal medição usualmente estava sendo realizada (por exemplo $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$ e $(50 \pm 15)\%$ umidade relativa). A incerteza de $L_{Aeq}$ associada aos desvios climáticos é $\pm 0,4$ dB. Distribuição de probabilidade retangular. Isto equivale a um desvio padrão de $0,4 \text{ dB} / \sqrt{3} = 0,23 \text{ dB}$	0,23
Desvios de $L_{ear}$	
Proveniente do desvio padrão das medições de $L_{ear}$ com distribuição de probabilidade normal	0,8
Erro de arredondamento	
O resultado de $L_{Aeq}$ é computado com resolução de 0,1 dB, fornecendo meia banda deste componente de 0,05 dB, com distribuição retangular de probabilidade. Isto é equivalente a um desvio padrão de $0,05 / \sqrt{3} = 0,03 \text{ dB}$	0,03
<b>Incerteza combinada e expandida</b>	
A incerteza padrão combinada de $L_{Aeq}$ é encontrada através da adição dos quadrados de cada desvio padrão e então tomando a raiz quadrada a qual resulta em 1,1 dB. A incerteza expandida com $k = 2$ é <b>2,2 dB</b>	

### 6.3.2 Levantamento das possíveis fontes de incertezas para o processo de medição implementado segundo ISO 11904-1

A partir dos documentos dos equipamentos que formam a cadeia de medição é possível fazer estimativas das incertezas ou influências que ocorrem durante a utilização do sistema de medição.

Uma forma amplamente utilizada para ilustrar as fontes de incertezas associadas à calibração é o diagrama de causa e efeito. A figura 15 apresenta um levantamento das fontes de incertezas relativas às técnicas de medição no formato de diagrama causa e efeito.



**Figura 15 - Diagrama de causa e efeito resumindo as possíveis fontes de incerteza da aplicação das técnicas**

No diagrama de causa e efeito estão relacionadas as principais fontes de incertezas associadas a esse tipo de medições, como por exemplo as fontes de incertezas associadas ao calibrados sonoro, ao operador, ao pré-amplificador, aos microfones de medição, ao medidor de NPS e outras fontes como presença de vibrações, as tensões de alimentação elétrica e outros ruídos.

### ***6.3.2.1 Incerteza herdada do padrão, calibrador de nível sonoro***

Conforme se pode observar nas cópias de certificados em anexo, os calibradores de nível sonoro têm uma incerteza inerente entre 0,09 e 0,11 dB, além da deriva em função do tempo (também chamada estabilidade), em torno de 0,07 a 0,1 dB por ano. E também sofre influências de temperatura, umidade relativa e pressão atmosférica, conforme pode ser observado no catálogo do calibrador sonoro. Estas últimas influências muitas vezes são denominadas “exatidão” ou “*accuracy*” nos catálogos, e dependem das faixas de variações das grandezas de influência durante o uso do calibrador. Pode-se estimar mais um desvio de aproximadamente 0,1 a 0,2 dB devido a estas últimas influências.

Logo, a incerteza dos calibradores BK4230 e GRAS Type 42AB é estimada em torno de  $\pm 0,4$  dB, valor bruto. Sendo considerada a distribuição normal de probabilidade com  $k = 2,0$ , o que produz uma incerteza padrão  $u$  estimada em  $\pm 0,2$  dB referente à incerteza proporcionada pelo calibrador de nível sonoro.

### ***6.3.2.2 Ajuste do Sistema de Medição***

Durante o ajuste da cadeia de medição o calibrador de nível sonoro é acoplado ao mini-microfone. Devido às dimensões do diâmetro do mini-microfone e calibrador sonoro foi necessário utilizar um adaptador não original para encaixar estes equipamentos. Quando se usa acopladores originais no calibrador as variações são geralmente em torno de 0,1 dB. De fato, durante os experimentos, foram notadas variações da ordem 0,2 dB no processo de ajuste da cadeia de medição. Ou seja, quando se conferiam os valores gerados pelo calibrador sonoro, para se certificar da validade da medição antes e depois das medições de exposição ao ruído, houve variações que necessariamente devem entrar no cálculo de incerteza. A distribuição de probabilidade é considerada retangular. E a incerteza padrão calculada em 0,115 dB. Ver tabela 4.

### ***6.3.2.3 A Repetitividade das Medições***

Esta incerteza é considerada do “Tipo A” porque é baseada em observações experimentais, observação de dados estatísticos, quando as medições são executadas pelo próprio autor ou equipe que desenvolveu os experimentos. O desvio padrão é ferramenta

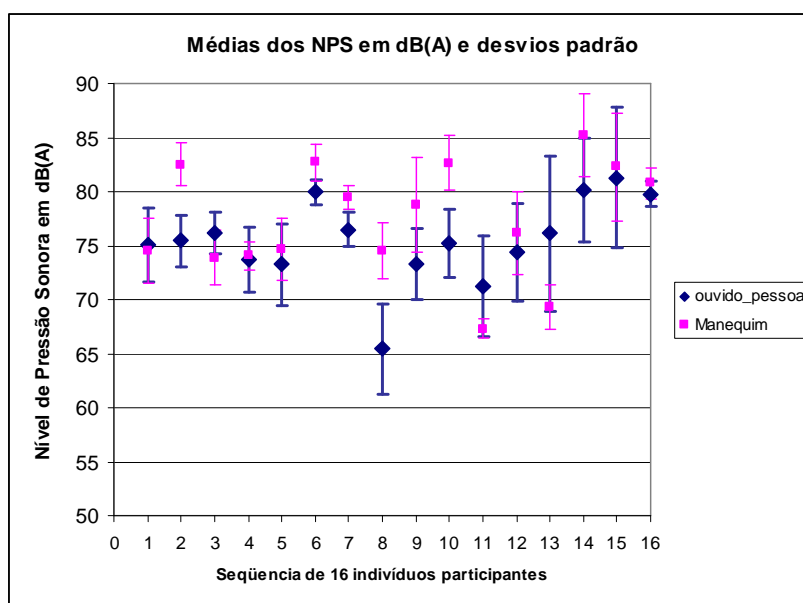
muito utilizada para demonstrar o grau de dispersão dos valores das medições.

Gráficos dos valores médios de NPS, dos níveis de exposição ao ruído, e respectivos desvios padrão encontrados experimentalmente, em escala dB(A), de 32 indivíduos podem ser observados nos gráficos 73 e 74. Os valores estão computados na tabela 3.

O ruído sob teste mostrou ser uma grandeza variável. Pois tem desvios maiores que os valores estimados para incerteza da cadeia de medição. Por exemplo, o valor da incerteza padrão combinada ( $u_c$ ) calculada no exemplo da norma é de 1,1 dB, e os valores de desvios padrão obtidos experimentalmente em sua maioria ultrapassam o dobro deste valor. Portanto, o nível de pressão sonora medido no conduto auditivo do indivíduo é considerado uma grandeza variável, devido à natureza do sinal de teste utilizado.

Portanto é necessário fazer distinção entre os desvios da grandeza variável e a incerteza associada e inerente à cadeia de medição que foi utilizada segundo norma ISO 11904-1 para medições em ouvido real.

**Gráfico 73 – Médias e desvios padrão dos valores de níveis de pressão sonora. Medições feitas em 16 pessoas; primeira parte.**



**Gráfico 74 – Médias e desvios padrão dos valores de níveis de pressão sonora. Medições feitas em 16 pessoas; segunda parte.**

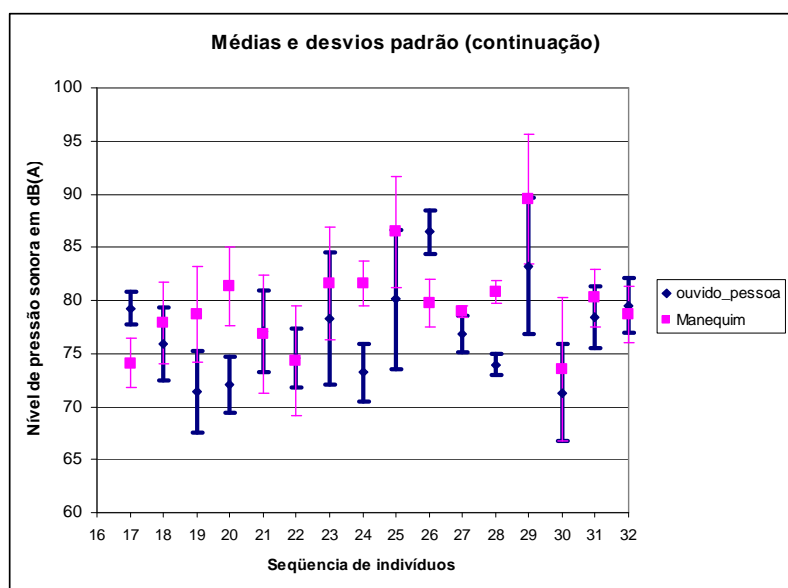


Tabela 3 – Valores de níveis de pressão sonora e seus desvios padrão para ambas as técnicas de medição.

Sequencial	Minimicrofone no ouvido da pessoa		Manequim	
	Desvios padrão (dBA)	Média NPS dB(A) – $L_{DF,Aeq}$	Desvios padrão (dBA)	Média NPS dB(A) – $L_{DF,Aeq}$
1	3,41	75,08	3,04	74,53
2	2,43	75,42	1,94	82,53
3	1,94	76,17	2,56	73,88
4	3,05	73,71	1,33	74,08
5	3,76	73,26	2,89	74,64
6	1,20	79,96	1,68	82,69
7	1,55	76,50	1,08	79,47
8	4,22	65,42	2,65	74,50
9	3,31	73,32	4,40	78,78
10	3,14	75,17	2,57	82,64
11	4,65	71,19	0,92	67,31
12	4,50	74,35	3,84	76,22
13	7,21	76,14	2,03	69,31
14	4,74	80,13	3,84	85,18
15	6,54	81,27	5,02	82,30
16	1,16	79,74	1,45	80,77
17	2,30	79,27	1,50	74,06
18	3,89	75,91	3,49	77,88
19	4,50	71,39	3,90	78,64
20	3,68	72,08	2,65	81,36
21	5,56	77,04	3,86	76,82
22	5,12	74,53	2,76	74,29
23	5,30	78,25	6,20	81,55
24	2,13	73,21	2,74	81,58
25	5,19	80,08	6,59	86,43
26	2,25	86,43	2,10	79,78
27	0,52	76,82	1,76	78,97
28	1,10	73,96	1,01	80,8
29	6,15	83,23	6,45	89,53
30	6,78	71,32	4,54	73,53
31	2,75	78,44	2,93	80,22
32	2,67	79,51	2,57	78,68
<b>Valores globais</b>	Média geral NPS em dB(A)	<b>76,2</b>		<b>78,5</b>
	Desvios entre as médias dos indivíduos dB(A)	<b>4,1</b>		<b>4,8</b>

O valor do desvio padrão entre os valores médios de cada indivíduo é de 4,1 dB quando foi usada a técnica em ouvido real. Assim demonstra-se que as variações da exposição ao ruído são superiores à incerteza de medição do equipamento utilizado.

Desta forma, a repetitividade das medições não será computada diretamente no cálculo de incertezas, sendo considerada uma variação a parte, devido às grandes variações associadas ao sinal sob teste, geradas por modificações no volume do fone, outros ruídos provocados pela movimentação do operador, dentre outras interferências.

#### **6.3.2.4 *Influências das condições climáticas***

Parâmetros como a temperatura, umidade relativa do ar e pressão atmosférica exercem influências sobre o equipamento de medição afetando o desempenho metrológico do mesmo. Conforme a norma ISO 11904-1 anexo B, a influência das condições climáticas está estimada em  $\pm 0,23$  dB de incerteza padrão, com distribuição retangular.

#### **6.3.2.5 *Incerteza de curva de Calibração dos Mini-microfones***

Conforme norma ISO 11904-1, a incerteza ou fonte de erro do microfone usado nas medições tem uma incerteza associada de  $\pm 0,2$  dB. O mesmo valor pode ser visto no certificado do microfone de medição pré-polarizado de marca Brüel & Kjær Type 4189. Esta estimativa se refere à curva de resposta em frequência que não é idealmente plana. O valor da incerteza padrão fica estabelecido em  $u_{mic} = \pm 0,12$  dB, sendo a distribuição de probabilidade retangular.

#### **6.3.2.6 *Incerteza associada ao analisador (ou Medidor de NPS)***

O analisador PULSE 3560 do tipo 1 foi utilizado, para estimar a incerteza inerente ao analisador e seus filtros de bandas de frequências foi observado o seu certificado. Como pode ser observado no anexo, os valores desviam (na coluna denominada *error*) em no máximo - 0,12 dB, em 125 Hz, considerando que nossa faixa de interesse é 100 a 10.000 Hz. Portanto como artifício de estimativa do erro e/ou incerteza inerente ao analisador será considerado  $U_{analisador} = \pm 0,12$  dB. Com distribuição retangular produz  $u_{analisador} = \pm 0,07$  dB.



### 6.3.2.7 O Ruído Ambiente e o Ruído Eletrônico

Foram desconsiderados os ruídos ambiente e eletrônico da cadeia de medição, devido ao fato de que o ruído ambiente faz parte da exposição ao ruído global do indivíduo, e o ruído eletrônico do sistema de medição somente tem influência significativa em níveis relativamente baixos de pressão sonora, por exemplo, abaixo de 30 dB, sendo assim, as medições atingiram níveis acima de 60 dB para que seja desprezado o ruído eletrônico como fonte de incerteza a ser quantificada neste balanço de incertezas.

## 6.4 Balanço de incertezas

Fontes de incertezas Tipo A e Tipo B podem ser combinadas no cálculo de incertezas com objetivo de obter uma estimativa do valor global da incerteza de medição. Isto é chamado de abordagem mista (“*mixed approach*”) da avaliação de incertezas de medição. Entretanto, não pode ser utilizada neste trabalho devido à presença de variações de NPS demasiadamente superiores aos valores de incertezas do sistema de medição estimados em norma. De forma que os valores medidos de NPS foram denominados como parâmetro variável, e não como uma fonte de incerteza, a qual seria denominada incerteza “Tipo A”. Enfim, a análise de incerteza a seguir é definida como incerteza da cadeia de medição (equipamento) e não inclui as variações do sinal de conversações dos operadores de telemarketing. Estes últimos formam contemplados no item 6.3.2.3 deste trabalho em forma de desvios padrão sem serem multiplicados por nenhum fator de abrangência.

Tabela 4 – Balanço de incertezas do sistema de medição utilizado para técnica em ouvido real.

Símbolo	Fontes de incertezas	Valor bruto ( $\pm$ dB)	Tipo de distribuição	Fator de abrangência (divisor)	Incerteza padrão ( $\pm$ dB)
$u_{cal}$	Calibrador de nível sonoro	0,4	Normal	2,0	0,2
$u_{ajuste}$	Ajuste do sistema de medição	0,2	Retangular	$\sqrt{3}$	0,115
$u_R$	Resolução ( <i>incremento digital</i> ) do analisador com filtros de bandas de frequências	0,05	Retangular	$\sqrt{3}$	0,029
$u_{climate}$	Condições climáticas; temperatura umidade relativa, e pressão atmosférica	0,4	Retangular	$\sqrt{3}$	0,23
$u_{mic}$	Influências da curva de resposta do microfone.	0,2	Retangular	$\sqrt{3}$	0,12
$u_{analisador}$	Incerteza do analisador e filtros de frequências	0,12	Retangular	$\sqrt{3}$	0,07
-	Tensão de alimentação	-	-	-	-
$u_{ruído}$	Ruídos de fundo, sonoro e eletrônico	-	-	-	-
$u$	Incerteza padrão combinada				0,355
<b>U</b>	<b>Incerteza expandida (95%)</b>			<b>2,0</b>	<b>0,71</b>

Foi feita uma avaliação de incerteza segundo a norma ISO 11904-1 e Guia para a expressão da incerteza de medição GEIM(2003), porém apenas para a técnica de medição em ouvido real. Foram buscadas diversas fontes de incertezas, porém não é um estudo exaustivo no qual se garante que todas as grandezas de influências foram incluídas. A avaliação de incertezas das medições em simulador de ouvido não pôde ser concluída devido à falta de informações adequadas sobre a incerteza associada ao simulador de ouvido utilizado. Principalmente sobre as incertezas relacionadas à cavidade acústica do simulador de ouvido, cujas informações não foram encontradas na literatura e nem fornecidas por parte do fabricante, pois as características e/ou valores de incertezas não são fornecidos.

## 7. CONCLUSÃO

Primeiramente é necessário fazer alusão ao fato de que os níveis de pressão sonora medidos através das duas técnicas necessitam de correções, vez que são medidos em deciBel Nível de Pressão Sonora e para efeitos de normas e legislação, devem ser apresentados em deciBel Nível de Pressão Sonora / Nível de Audição, representando assim, de maneira mais fidedigna, o nível de pressão sonora que atinge realmente o sistema auditivo humano. Para isso, conforme explicitamos no capítulo 3 que trata dos procedimentos metodológicos, após terem sido realizadas as medições para a coleta de dados em campo, cada um dos níveis de pressão sonora medidos em bandas de terço de oitava, foram ajustados com a resposta em frequência para campo difuso, e posteriormente corrigidos de acordo com a curva de ponderação A. Para essas correções a norma ISO/DIS 11904-1, que trata da técnica usando microfone em ouvido real, apresenta uma tabela com os devidos valores para a correção em cada uma das frequências, a qual aplicamos, como também a norma e ISO/DIS 11904-2, que trata da técnica usando manequim, apresenta tabela com os valores para a correção em cada uma das frequências medidas, a qual também aplicamos nos resultados que obtivemos nas medições para as devidas correções, cujos resultados foram apresentados nos capítulos anteriores. Ocorre que no caso da técnica usando manequim, a norma recomenda o uso de um manequim com tronco, diferentemente do que utilizamos, pois nosso manequim era composto apenas de cabeça e pescoço, sem o tronco. Devido a essa variação no método, realizamos medições em câmara reverberante para obter a curva de resposta em campo difuso para o manequim utilizado. A partir da aplicação da tabela de correção por nós desenvolvida, observamos que os níveis de pressão sonora NPS-dB(A) obtidos através da técnica utilizando manequim encontram-se, na maioria das vezes, mais próximos dos resultados obtidos através da técnica usando microfone em ouvido real, levando-nos a concluir que é importante realizar os ajustes adequados quando se tratar de alguma derivação no método, apesar de no nosso caso as diferenças não comprometerem os resultados.

Quando comparados os resultados obtidos nas medições através das duas técnicas em campo real, as diferenças entre os resultados de uma e de outra técnica foram maiores do que as diferenças observadas quando das medições realizadas em laboratório. A conclusão a que se chega a partir dessa observação, é que, as diferenças entre os resultados obtidos através das duas técnicas, em campo real, são maiores pelo fato de não se ter um controle preciso de variáveis como se tem em laboratório, e as diferenças observadas nos

resultados, tanto em laboratório quanto em campo real, se devem provavelmente a fatores como:

1. O manequim permanece estático, enquanto que o operador movimenta-se continuamente durante os atendimentos, o que gera, por exemplo, atritos na roupa que provocam ruídos adicionais que são transmitidos pelas próprias estruturas anatômicas do indivíduo ao minimicrofone.
2. No operador há a geração de ruídos fisiológicos, resultantes da respiração, dos batimentos cardíacos e do peristaltismo gastrointestinal, que também podem ser transmitidos através das estruturas anatômicas para o minimicrofone.
3. Os ruídos gerados pela própria fonação do operador ao dialogar com o seu interlocutor durante o atendimento, que podem chegar ao minimicrofone pelas estruturas anatômicas e também por via aérea.
4. Quanto ao manequim, por ser de uma estrutura mais sólida, e não conter estruturas que possam absorver e reduzir vibrações a exemplo da estrutura muscular do indivíduo, acaba recebendo vibrações das estruturas as quais está apoiado, neste caso da mesa do operador, que contém vibrações geradas pelo funcionamento do microcomputador, pela digitação, por batidas do próprio operador ou dos colegas sobre a bancada, uma vez que os postos de trabalho são contíguos, além da vibração estrutural predial.

Porém, apesar das diferenças entre os resultados das medições através das duas técnicas em campo real se mostrarem maiores do que as diferenças observadas entre elas em laboratório, podemos concluir que essas diferenças são muito pequenas e os resultados das medições quando se calcula o nível contínuo equivalente de exposição em NPS-dB(A), para fins de aplicação da legislação são muito semelhantes, prova disso são as médias das diferenças entre as duas técnicas, obtidas nas medições em cada um dos dois setores pesquisados, a saber: setor receptivo – turno 1 = 2,82 dB(A) e setor ativo – turno 1 = 1,70 dB(A), por exemplo. Diante disso concluímos que ao se necessitar realizar medições dos níveis de exposição ao ruído junto a operadores de telemarketing, usuários de fones de ouvido, é possível a aplicação tanto da técnica que emprega a colocação do microfone em ouvido real quanto da técnica com manequim, pois o resultado obtido através de ambas é muito similar.

Quanto à análise de incertezas podemos concluir que os valores médios de exposição ao ruído medidos nos indivíduos ficaram entre 66 dB(A) e 90 dB(A), sendo consideradas estas variações significativamente elevadas, em relação ao que estabelece a NBR 10152, norma brasileira registrada no INMETRO (117.023-6/I2), que determina que seja respeitado,

no mínimo, nível de ruído de até 65 dB (A) e a curva de avaliação de ruído (NC) de valor não superior a 60 dB, para operadores de telemarketing.

As conversações, tanto do cliente como do operador, não podem ser tratadas como fontes de incertezas de medição neste caso, porque são parâmetros muito variáveis. Além disto, devido ao fato de os desvios padrão entre medições em um mesmo indivíduo geralmente ultrapassarem a incerteza expandida estimada para o equipamento de medição, a incerteza tipo A não pôde ser incluída no cálculo de incertezas. Avaliando-se a exposição ao ruído de um modo geral, os desvios padrão entre os valores médios de cada indivíduo também se apresentaram significativamente superiores ao valor estimado como incerteza do equipamento utilizado. Os valores de desvios padrão encontrados nas medições, são significativamente diferentes, conclui-se portanto que o sinal medido (ruído) é uma grandeza variável e não deve ser tratado como se fosse uma fonte de incerteza similar às outras estudadas.

Comparando-se as os valores de exposição média geral das medições em ouvido real, e das medições no manequim, 76,2 dB e 78,5 dB respectivamente, e considerando-se o valor de desvio padrão relacionado aos valores médios de cada um dos 32 indivíduos, 4,1 dB, conclui-se que houve uma boa concordância entre as medições usando técnica de ouvido real e medições em cabeça artificial com simulador de ouvido; pelo menos com relação aos valores globais em dB(A).

Os valores das fontes de incertezas relacionadas com o calibrador de nível sonoro e com as influências climáticas sobre a cadeia de medição apresentaram os maiores valores no balanço de incertezas, 0,2 dB e 0,23 dB de incerteza padrão, respectivamente.

Sobre o balanço de incertezas e o valor global encontrado, em torno de 0,7 dB, conclui-se que se fosse usado um ruído branco ou rosa, de acordo com características normalizadas, com estabilidade adequada, os valores de desvios esperados estariam na faixa de 0,7 dB e 2,2 dB, ou seja, em torno do valor calculado para a incerteza da cadeia de medição e o valor calculado no exemplo da norma ISO 11904-1. Na hipótese de uma medição onde se utilize ruído padronizado, se forem encontrados valores de incerteza expandida acima de 2,2 dB, pode-se concluir que houve algum erro no processo utilizado nas medições ou o sinal, ruído gerado sob teste, não está conforme especificações da norma (o sinal é demasiadamente instável).

## 8. BIBLIOGRAFIA

- ABNT, INMETRO. **Guia para a expressão da incerteza de medição**. 3 ed. Rio de Janeiro:2003.
- ABERGO – Associação Brasileira de Ergonomia. **A certificação do ergonomista brasileiro**. Editorial do Boletim 1/2.000.
- ABRAHÃO, J. I. Reestruturação produtiva e variabilidade do trabalho: uma abordagem da ergonomia. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, n.16, v.1, p. 49-54, 2.000.
- ASSUNÇÃO, A. A.; SOUZA, R. Telemática. *Cadernos de Saúde do Trabalhador*. São Paulo: INST-CUT, 2.000.
- DEJOURS, C. *A loucura do trabalho: Estudo de psicopatologia do trabalho*. São Paulo: Ed. Cortez - Oboré, 1987.
- ALEXANDER, R. W. KOENING, A. H. COHEN, H. S. AND LEBO, C. P. The effects of noise on telephon operators. *Journ. of Occupational Medicine*, n. 21, 1, pp. 21-25, (1979).
- ALMEIDA, K. História da Audiologia. In: FERREIRA, L. P. **Temas de Fonoaudiologia**. São Paulo: Loyola, 1993.
- ANDRADE, D. R, CLOSS, M, FINKLER. C. *Efeitos do Ruído industrial no organismo*. **Revista de atualização científica**. São Paulo:. V.10, p 17-19,1998.
- ANSI S3.25. **American National Standard for an occluded ear simulator**. (ASA 39-1979), 1979.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TELEMARKETING. **O que é telemarketing**. Disponível em <<http://www.abt.org.br/telemarketing.htm>>. Acesso em: 10 Jul. 2004.
- BARROS JÚNIOR, J. C. **Manual de Aplicação da Norma Regulamentadora N. 17**. 2 ed. Brasília: TEM, SIT, 2002.
- BAYLEY, A. M. W. Acoustics limiting in headset systems. **Proceedings of the Institute of Acoustics**, Vol. 25, Pt 4, pp. 217-227, 2003.
- BRADKEY, R. FORTNUM, H. e COLES, R. Research note: patterns of exposure of schoolchildren to amplified music. **British Journal of Audiology**, 21, pp.119-125, 1987.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Código Brasileiro de Ocupações, 2002**. Disponível em: <<http://www.mtecbo.gov.br>>. Acesso em: 01 out. 2002.

- BROUGHTON, K. e PATEL, J. A. Noise exposure levels in call centres. **Proceedings of the Institute of Acoustics**, Vol. 25, Pt 4, pp. 211-216, 2003.
- CERVO, A. L. & BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 4. ed. São Paulo: Afiliada. 1996.
- CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. **Diretrizes e normas regulamentadoras de Pesquisas envolvendo seres humanos**. Resolução 196 de 10 de Outubro de 1996.
- COUTO, H. de A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: o manual técnico da máquina humana**. Belo Horizonte: Ergo Editora, 1995.
- DAJANI H. KUNOV H. AND SESHAGIRI, B. Real-time method for the measurement of noise exposure from communication headsets. **Applied Acoustics** 49, 3, pp. 209-224. (1996).
- DARLINGTON, P. Practical measurement of telecommunication receiver electro-acoustics for the computation of acoustic dose. **Proceedings of the Institute of Acoustics**, Vol. 25. Pt 4, pp. 234 – 242, 2003.
- DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática**. São Paulo: E. Blücher, 1995, 143 p.
- FEARN, R. W. e HANSON, D. R. Hearing damage in young people using headphones to listen to pop music. **Journal of Sound and Vibration**, 96, pp. 147-149, 1984.
- GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**. 2 ed. Florianópolis: NR Editora ,2.000.
- GIERLICH, H. W. Artificial head technology – applications for headset measurements in call centres. **Proceedings of the Institute of Acoustics**, Vol. 24, Pt 4, pp. 228-233, 2002.
- GLINA, D. M. R.; ROCHA, L. E. Fatores de estresse no trabalho de operadores de centrais de atendimento telefônico de um Banco em São Paulo. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, n.1, v.1, p.34-42, 2003.
- GLORIG, A. WHITNEY, L. H. FLANAGAN, J. L. AND GUTTMAN, N. Hearing studies of telephone operating personnel. **Journ. of Speech and Hearing Research**, n. 12, pp. 169-178, (1969).
- GUÉRIN, F. et al. **Compreender o trabalho para transformá-lo – a prática da ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.
- HSE - HEALTH & SAFETY EXECUTIVE (HELA). **Advice Regarding Call Centre Working Practices**. 2001. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk>>. Acesso em: 01 ago. 2003.
- HUGHES, E. FORTNUM, H. M. DAVIS, A. C. HAGGARD, M. P. COLES, R. e LUTMAN, M. E. Damage to hearing arising from leisure noise. **British Journal of Audiology**, 20, 157-164, 1986.

- IANNIELLO, C. Valutazione dei livelli di esposizione al rumore di operatori telefonici con un microfono nella conca del padiglione auricolare. **Revista Italiana de Acustica** 20, 1-2, pp. 37-46, (1996).
- IEC 711. **Occluded-ear Simulator for the measurement of earphones coupled to the ear by ear inserts**. 1981.
- INMETRO. **Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia**. 2 ed. ISBN 85.87090-90-9, 2.000.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO/DIS 11904-1. **Acoustics – determination of sound immissions from sound sources placed close to the ears – part 1: technique using microphones in real ears (MIRE-technique)**. Primeira Edição, 2002.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO/DIS 11904-2. **Acoustics – determination of sound immissions from sound sources placed close to the ears – part 2: technique using manikim (manikim-technique)**. Primeira Edição, 2004.
- IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.
- IVANOVICH, E. KOLAROVA, D. ENEV, St. TZENOVA, B and TOPALOVA, M. Noise evaluation and estimation of some specific and non-specific health indicators in telephone operators. **Reviews on Environmental Health**, Volume 10, nº 1, pp. 39-46, 1994.
- JAKUBOVICZ, R. A fonoaudiologia como Ciência. In: **Fonoaudiologia Brasil**. Ano 3, n. 3. p. 24-29.
- JUAN, P. A. AND CANO-CORTES, J. R. Medida del ruido impulsivo en el auricular de operador. **Medicina Seguridad Trabajo**, 27, 107, pp. 14-27, (1979).
- KATZ, A. E. GERSTMAN, H. L. SANDERSON, R. G. e BUCHANAN, R. Stereo earphones and hearing loss (Letter). **The New England Journal of Medicine**, 307:23, 2 December, 1982.
- KREBBER, W. BRONKHORST, A. FEDTKE, T. e GIUA, P. New methods for noise exposure meters – the DOSE project. **The Hague Proceedings, Internoise**, Agosto 2001.
- KURAS, J. E. e FINDLAY, R.C. Listening patterns of selfidentified rock music presented via earphones. **Journal of Auditory Research**, 14, pp. 51-56, 1974.
- LAWTON, B. W. Audiometric findings in call centre workers exposed to acoustic shock. **Proceedings of the Institute of Acoustics**, Vol. 25, Pt 4, pp. 249-258, 2003.
- LEE, P. C. SENDERS, C. W. GANTZ, B. J. e OTTO, S. R. Transient sensorineural hearing loss after overuse of portable headphone cassette radios. **Otolaryngology, Head and Neck Surgery**, 93(5), pp. 622-625, 1985.
- MACHADO, H. B. **Métodos de pesquisa**. Itajaí: Univali, 1999.



- MORI, T. Effects of record music on hearing loss among young workers in a shipyard. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, 56, pp. 91-97, 1985.
- PATEL, J. A. AND BROUGHTON, K. Assessment of the noise exposure of call centre operators. **Ann. Occup. Hyg.**, Vol. 46, n° 8, pp. 653-661, 2002.
- PERETTI, A. PEDRIELLI, F. BAIAMONTE, M. MAULI, F. AND FARINA, A. Headphone noise: occupational exposure assessment for communication personnel. **Euronoise**, paper ID: 365-IP. Naples, 2003.
- SANTOS, J. C. E. R *et al.* Entre as reclamações dos usuários e os problemas técnico organizacionais: O trabalho do operador de micro computador de uma empresa de abastecimento de água e esgotamento sanitário. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA**, 10, 2.000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABERGO, 2.000. 1 CD-ROM.
- SANTOS, N. DUTRA, A. R. A. RIGHI, C. A. E et al. **Antropotecnologia** – a ergonomia dos sistemas de produção. Curitiba: Gênese, 1997.
- SANTOS, U. de P. & MATOS, M. P. **Ruído: riscos e prevenção**. 2. ed. São Paulo: Hucitec. 1996. 157p.
- SILVA, A. M. da. **A regulamentação das condições de trabalho no setor de teleatendimento no brasil: necessidades e desafios**. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Saúde Pública da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2004.
- STEPHEN, V. CHIUSANO, S. V. LEES, P. S. J. AND BREYSSE, P. N. An occupational noise exposure assessment for headset-wearing communications workers. **Appl. Occup. Environ. Hyg.** 10, 5, pp. 476-481, (1995).
- STONE, B. & WYMAN, J. **Telemarketing**. São Paulo: Nobel, 1992.
- SZNELWAR, L. I. et al. Task design based in tayloristic principles: impacts in quality and workers health in banks and credit cards companies. In: **Human Factors in Organizational Design and Management Ergonomics**, v.6, p. 647-652, 1998.

## **ANEXO 1**

### **Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa**

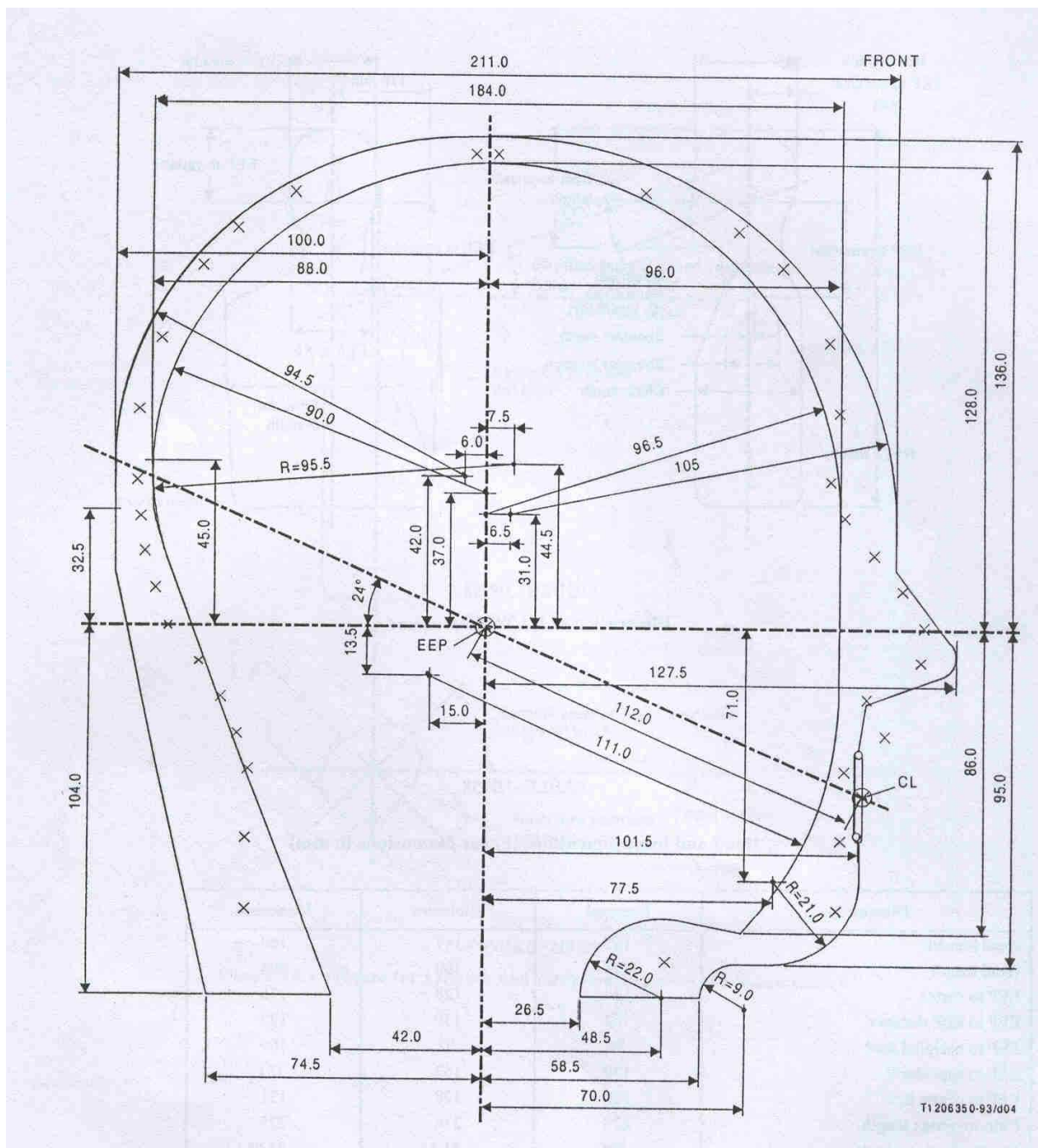
**AQUI NESTA PÁGINA VAI O PARECER CONSUBSTANCIADO DO  
COMITÊ DE ÉTICA**

## **ANEXO 2**

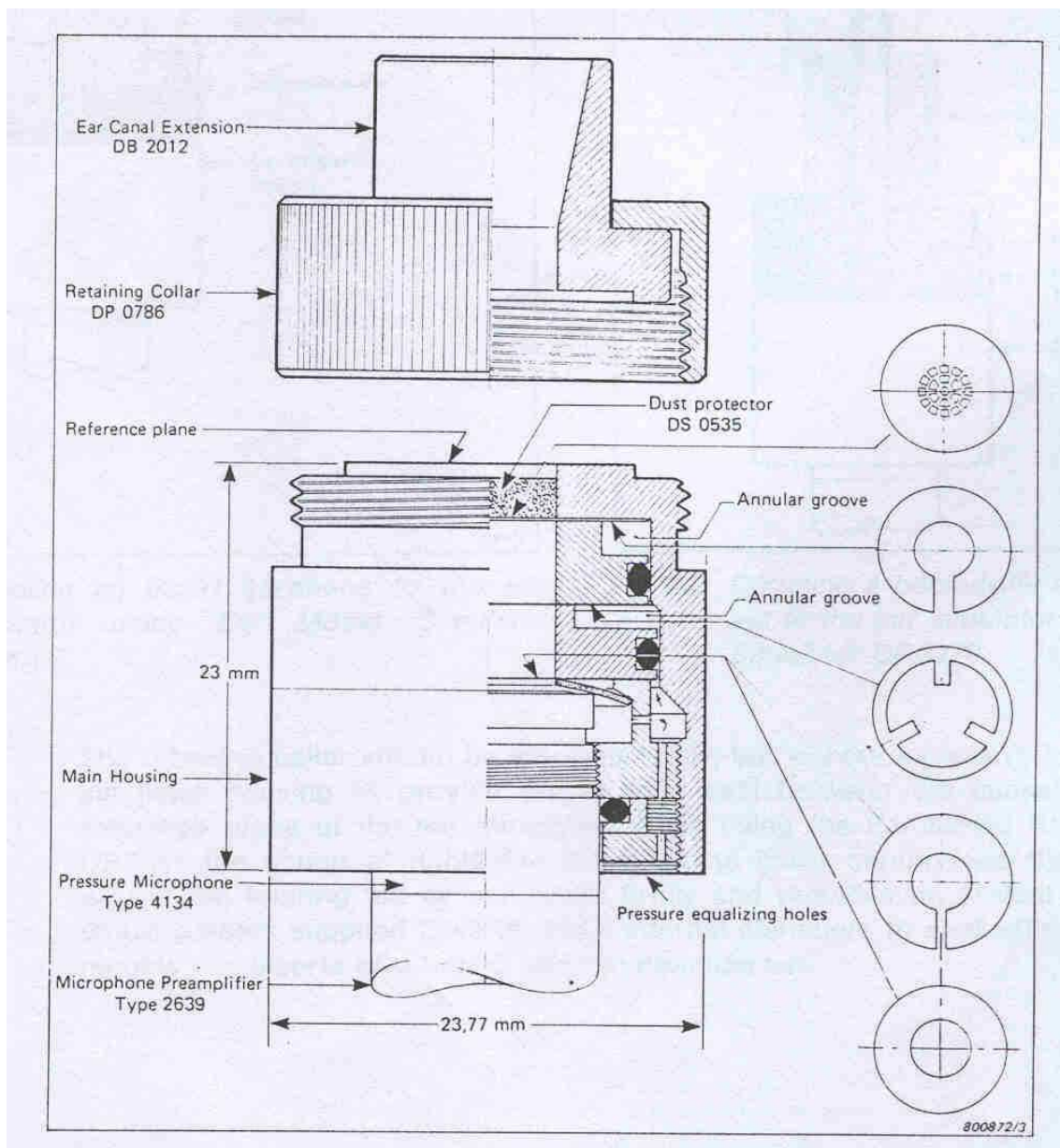
### **Figuras Complementares**



Câmara semi-aneecóica do LARI/UFSC.



Dimensões do Manequim Utilizado no Estudo - Limite de secção de cabeça no plano vertical – dimensões em mm. Fonte ITU-T P.58, p.7: 1993.



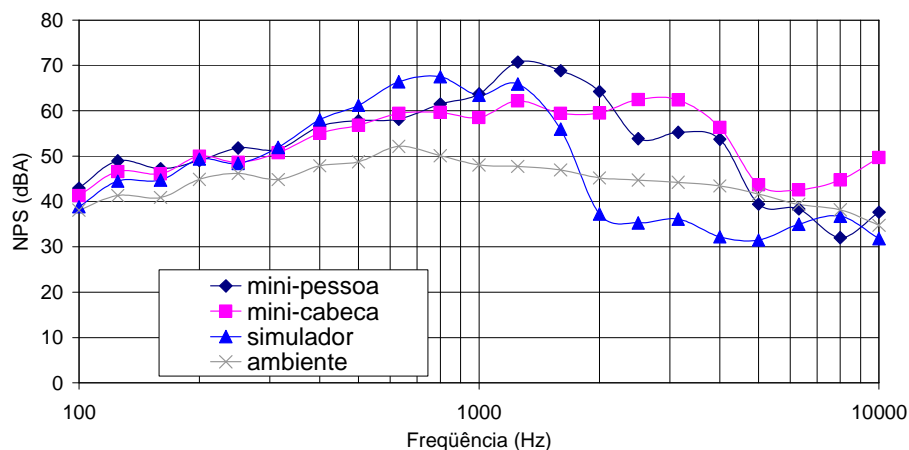
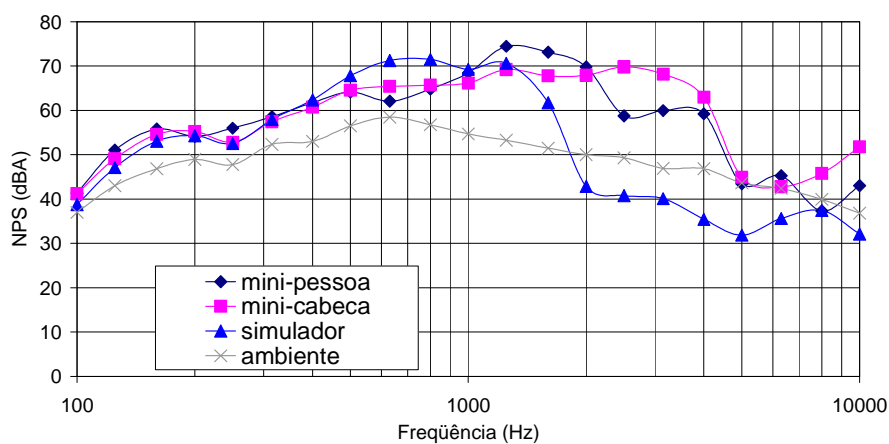
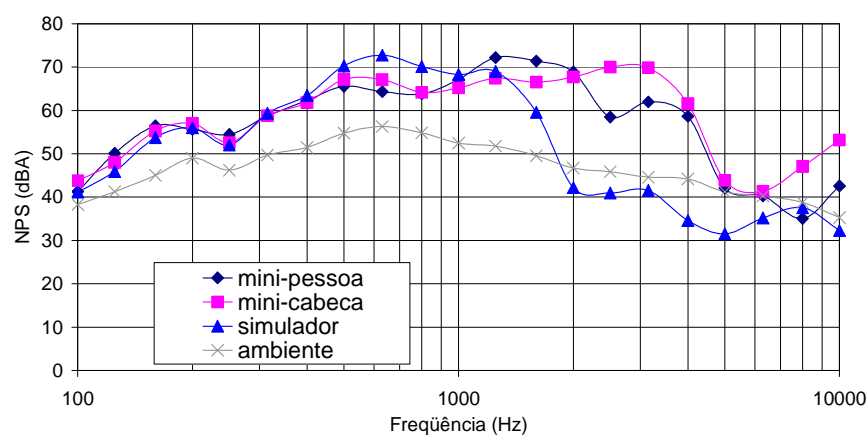
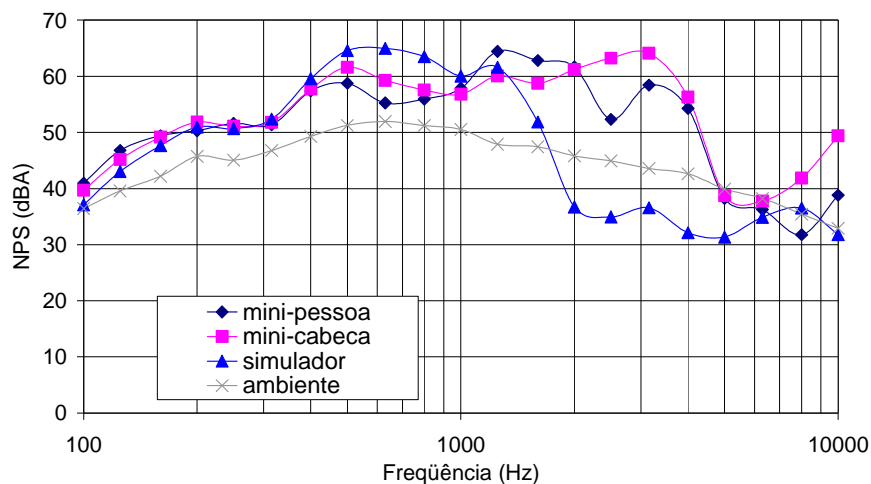
Vista seccional do simulador de ouvido, do tipo 4157, Brüel & Kjær®, incluindo a extensão de do canal auditivo externo e o anel de retenção. Fonte: Brüel & Kjær®Technical Documentation, Ear Simulator, type 4157, p. 3.

### **ANEXO 3**

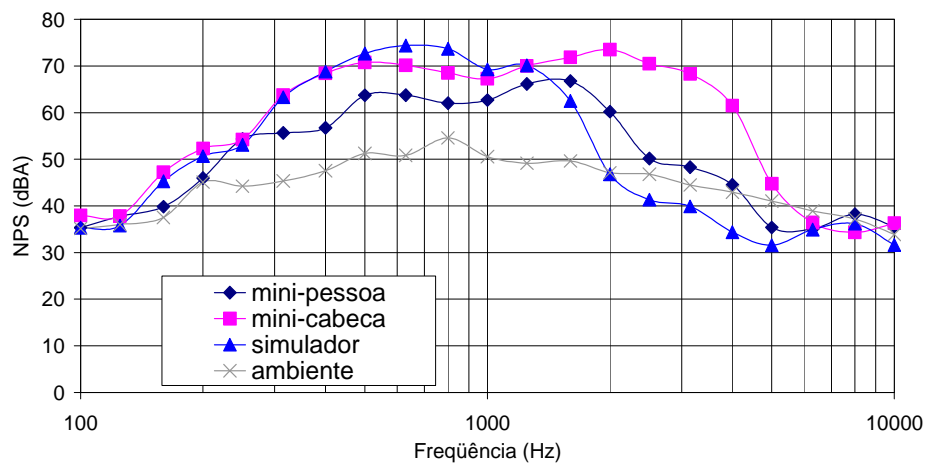
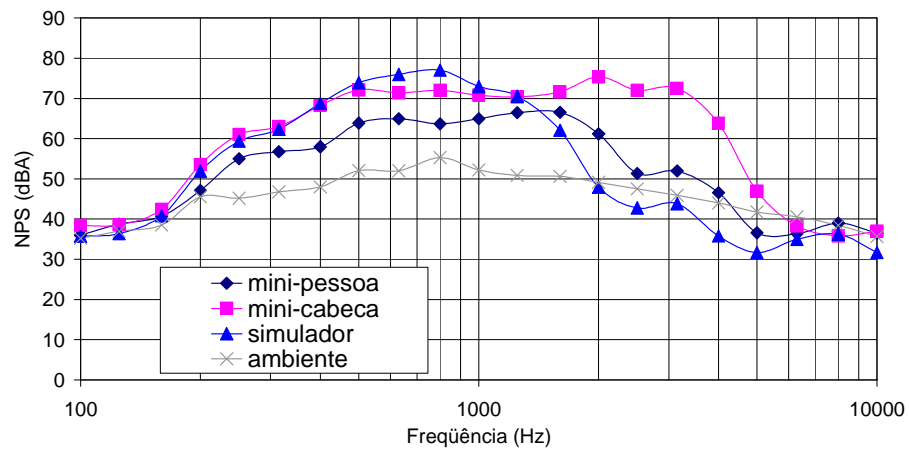
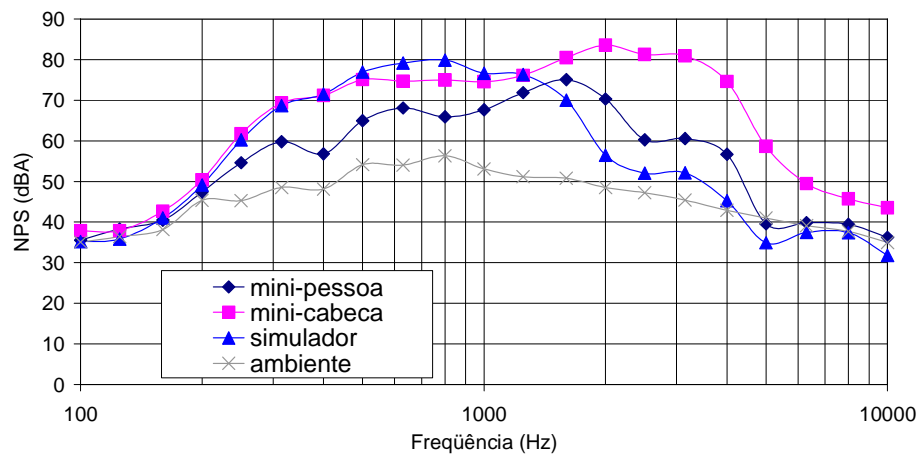
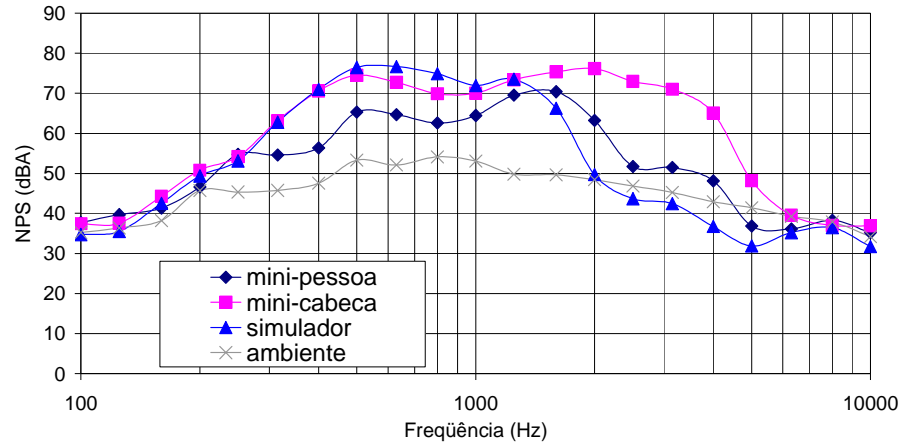
#### **Resultados na Íntegra das Medições dos Setores Incluídos no Estudo**



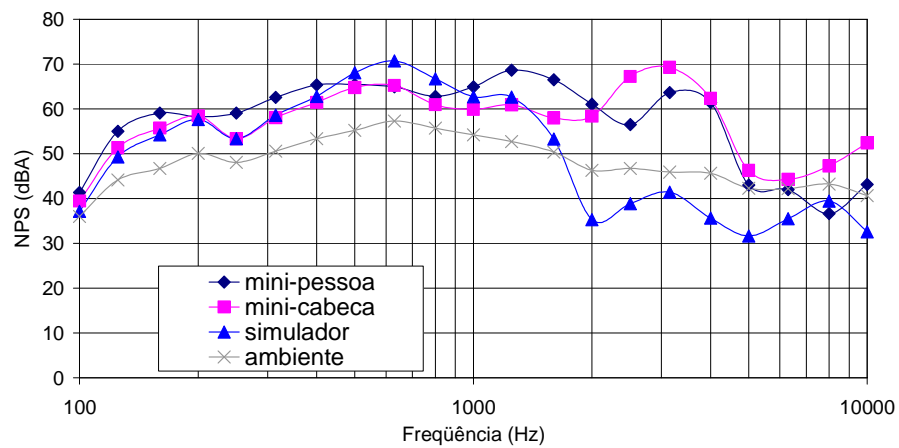
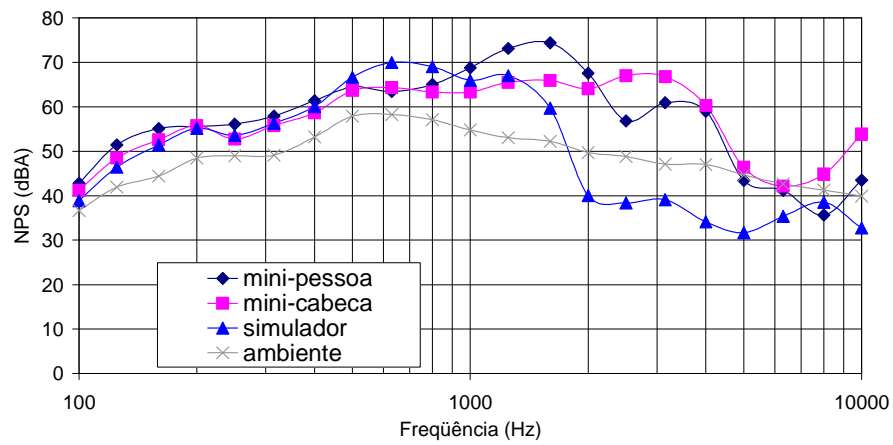
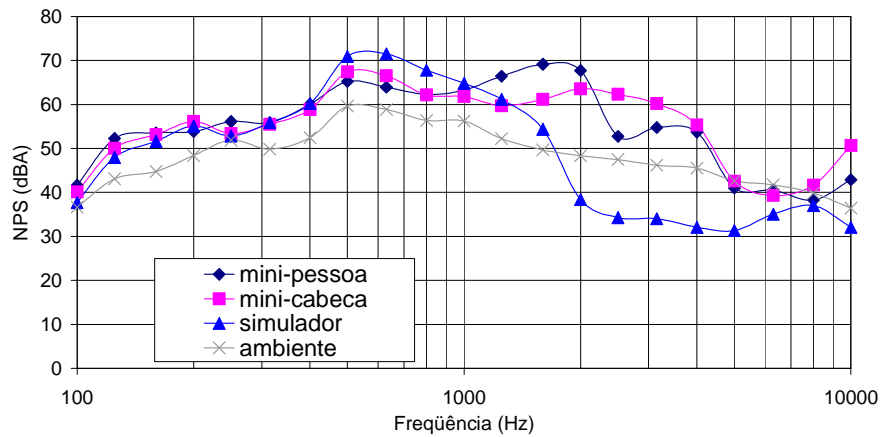
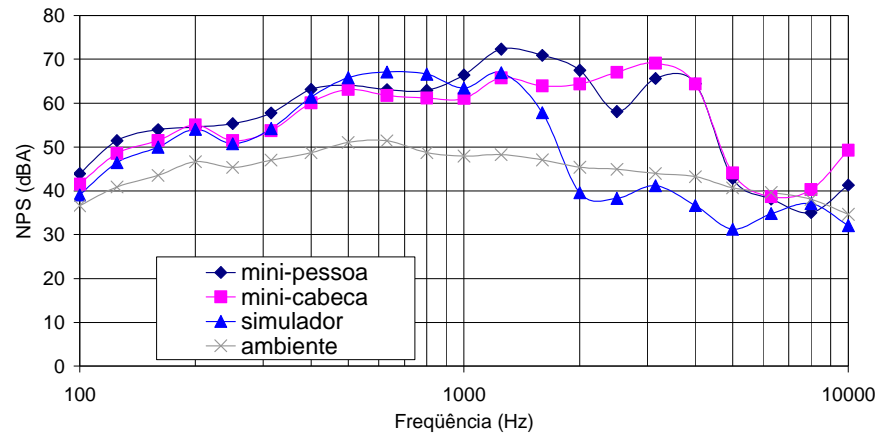
**Setor Receptivo – Turno 1 - Indivíduo A – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



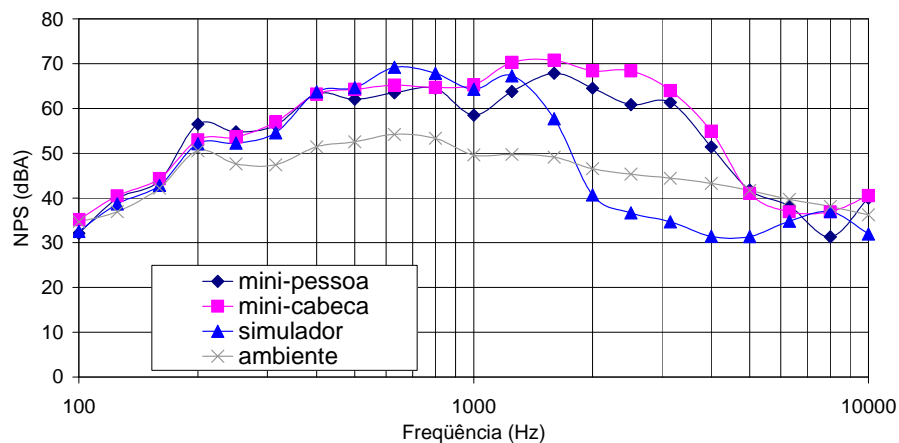
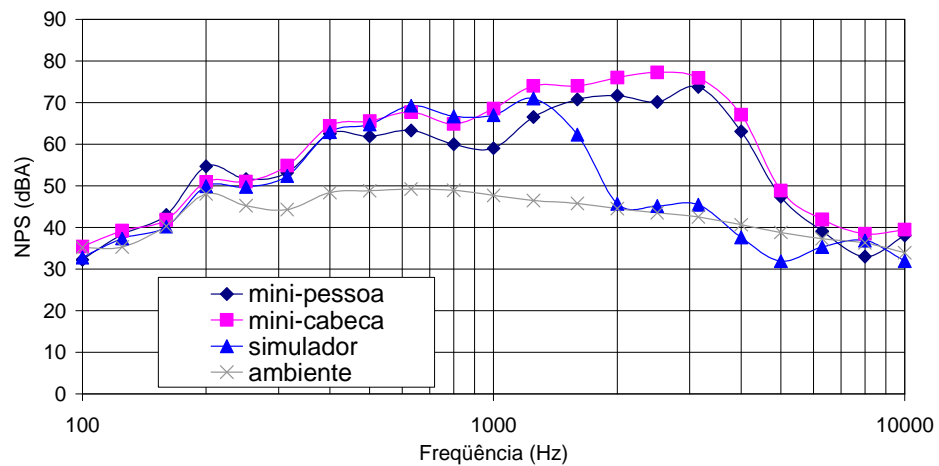
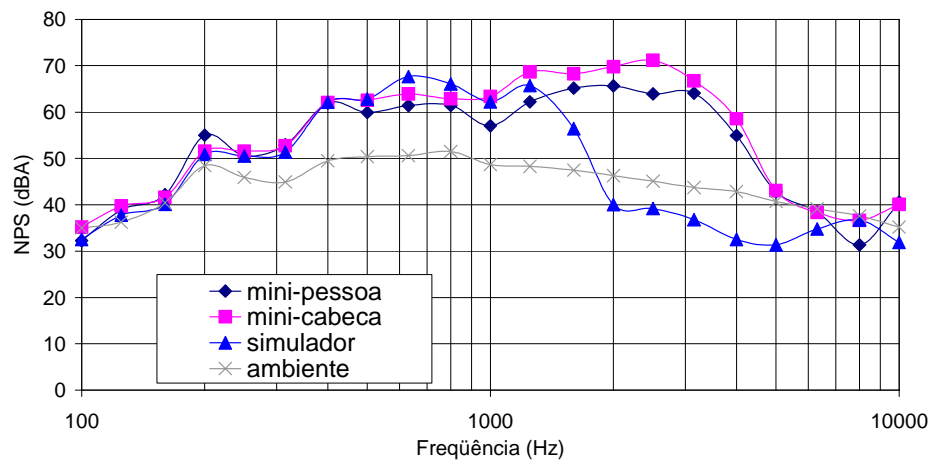
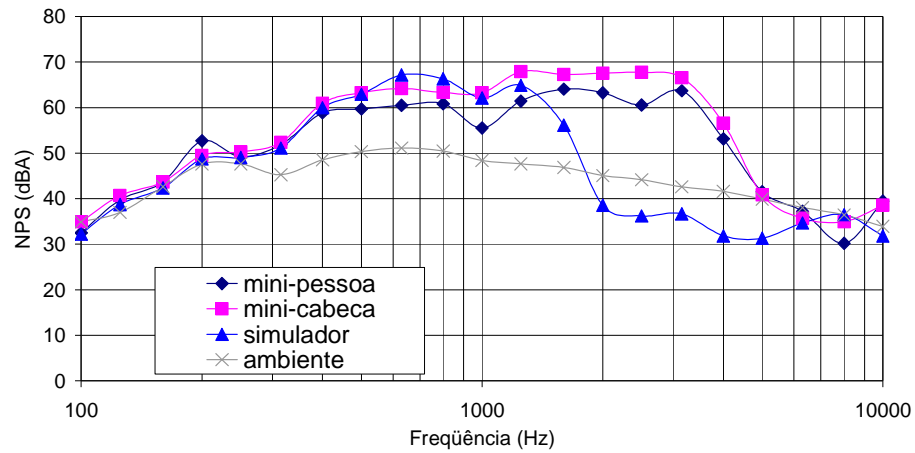
**Setor Receptivo – Turno 1 - Indivíduo B – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



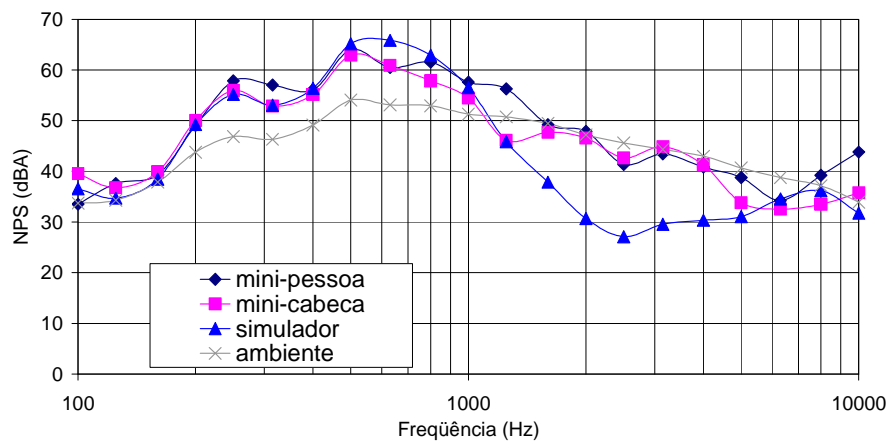
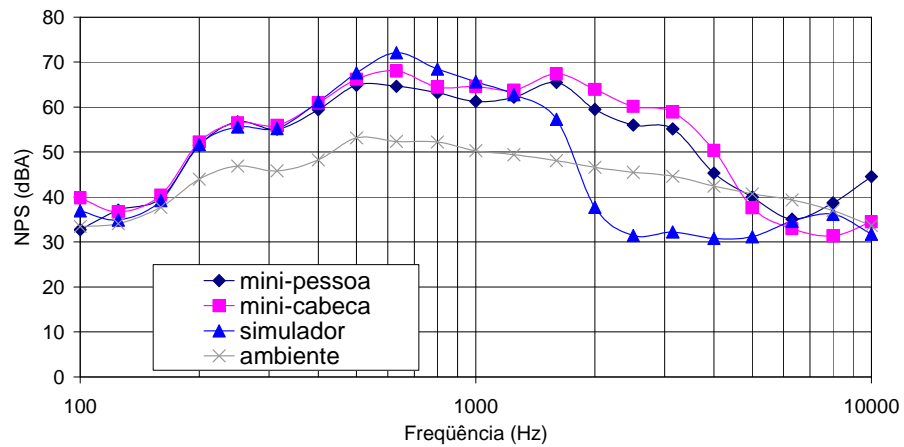
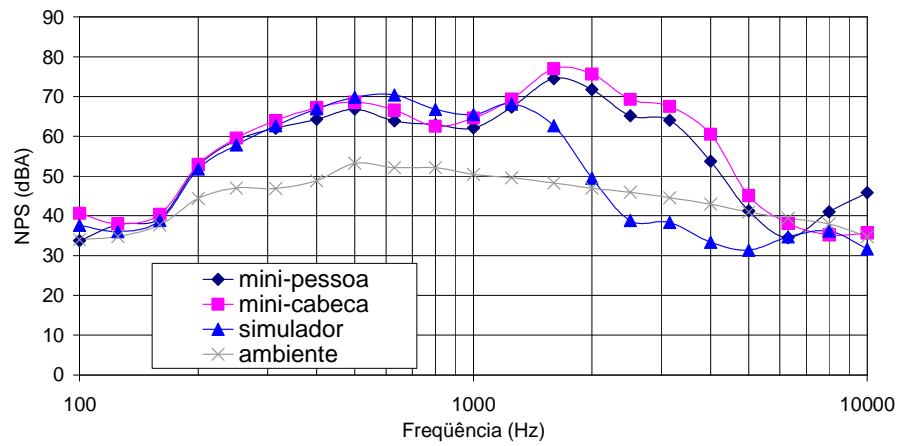
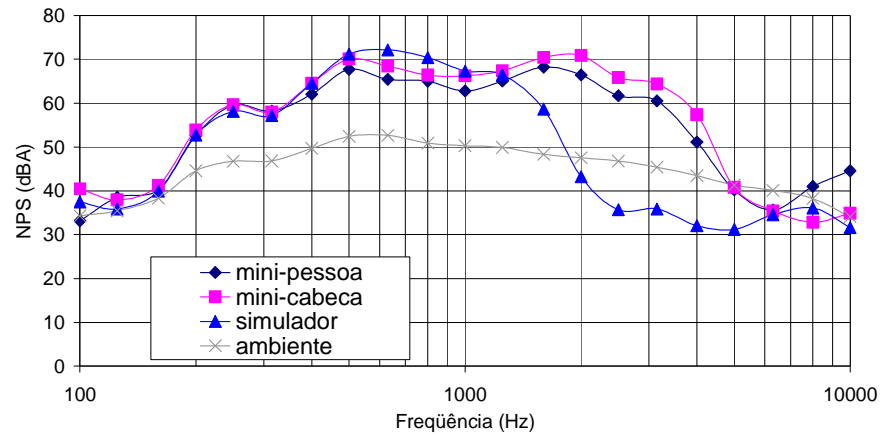
**Setor Receptivo – Turno 1 - Indivíduo C – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



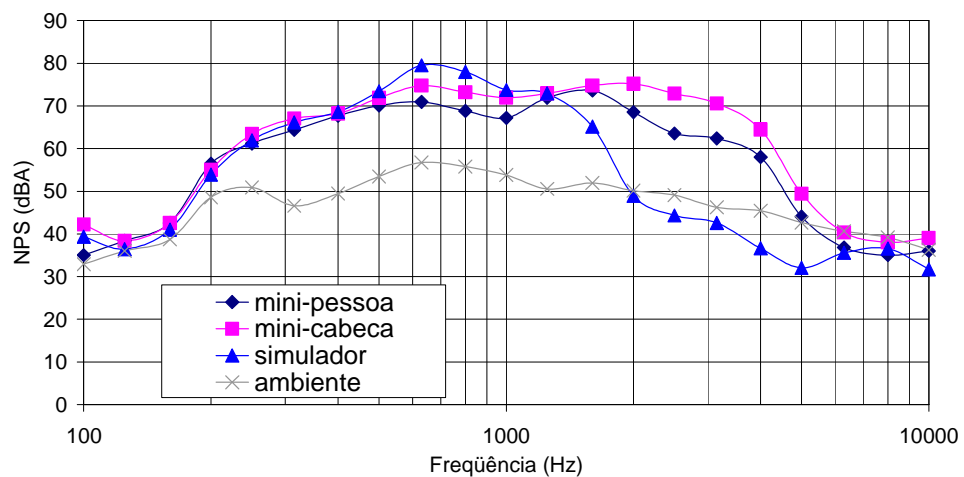
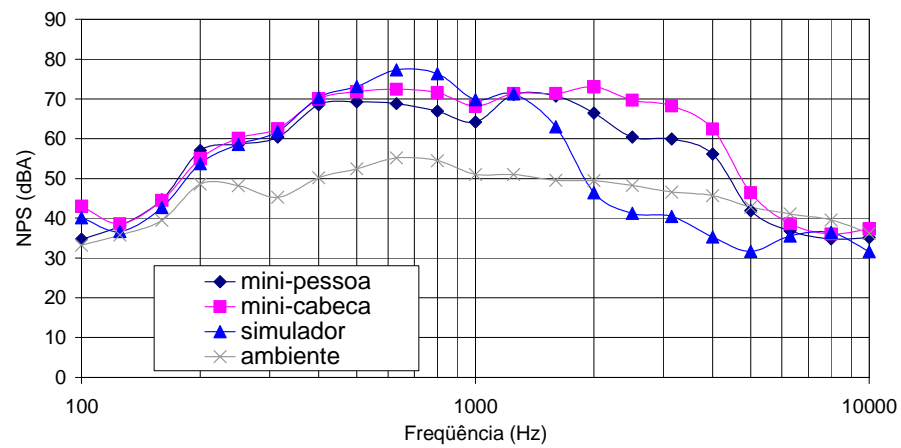
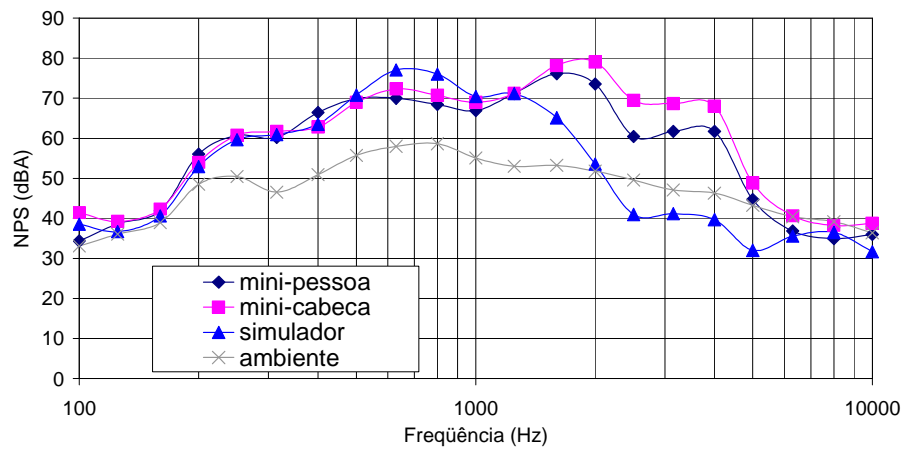
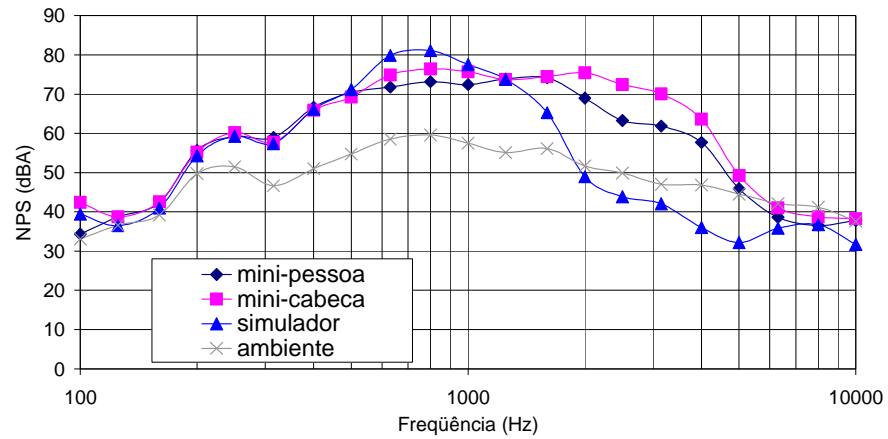
**Setor Receptivo – Turno 1 - Indivíduo D – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



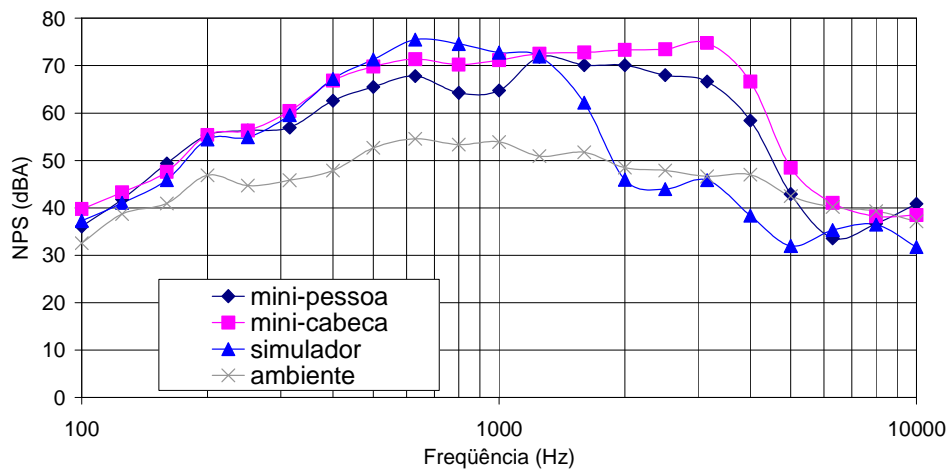
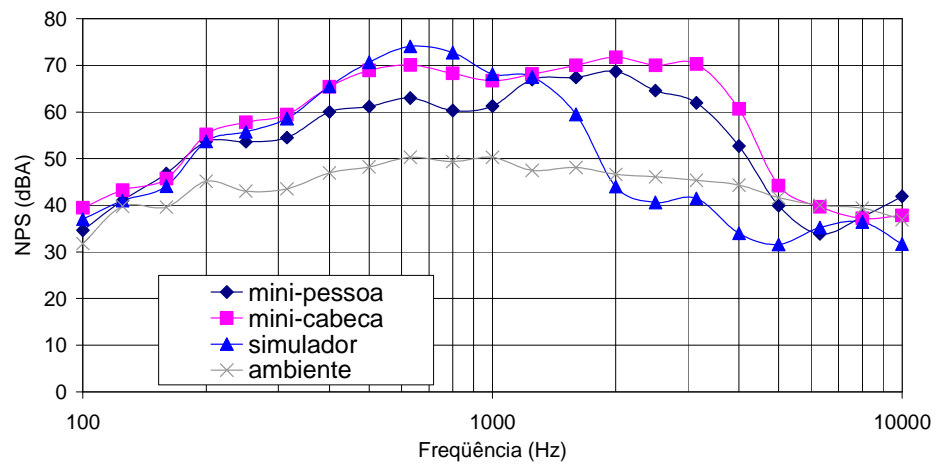
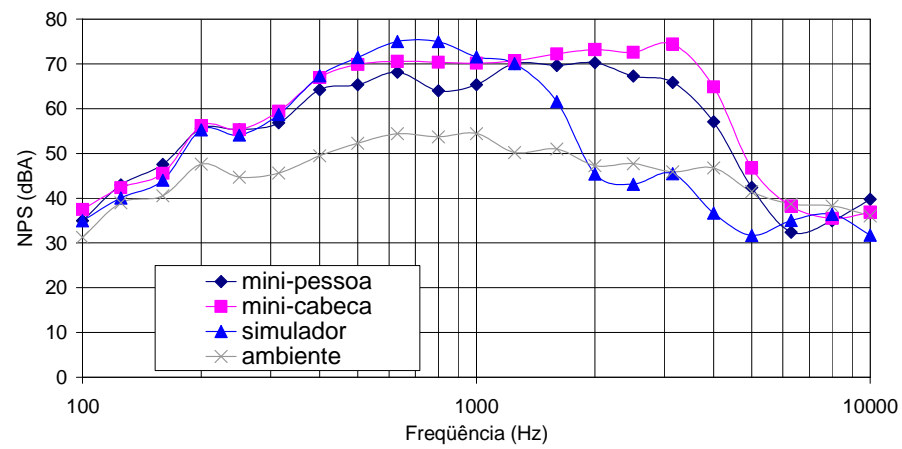
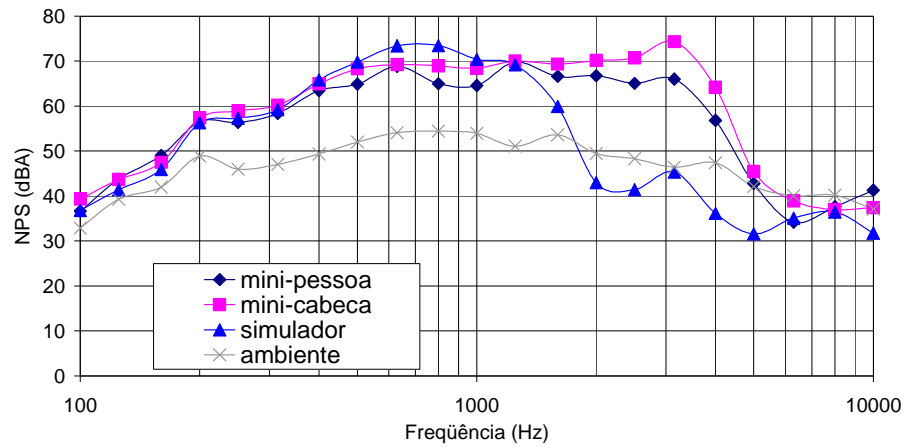
**Setor Receptivo – Turno 1 - Indivíduo E – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



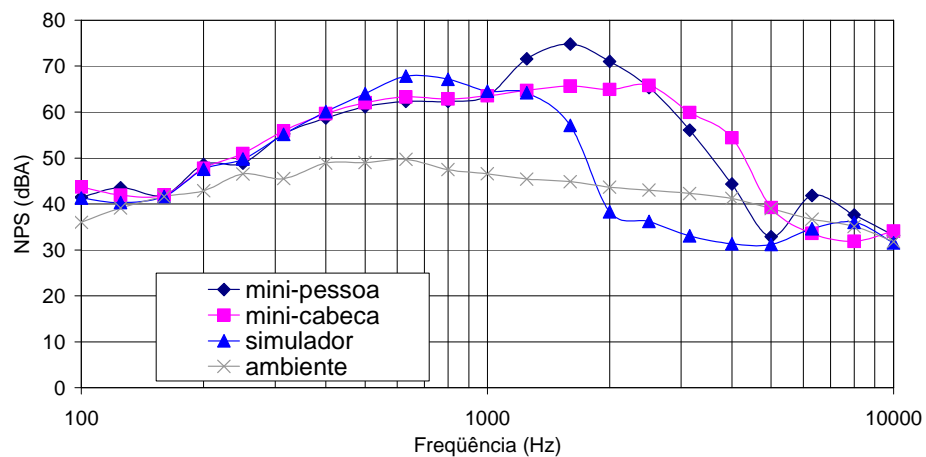
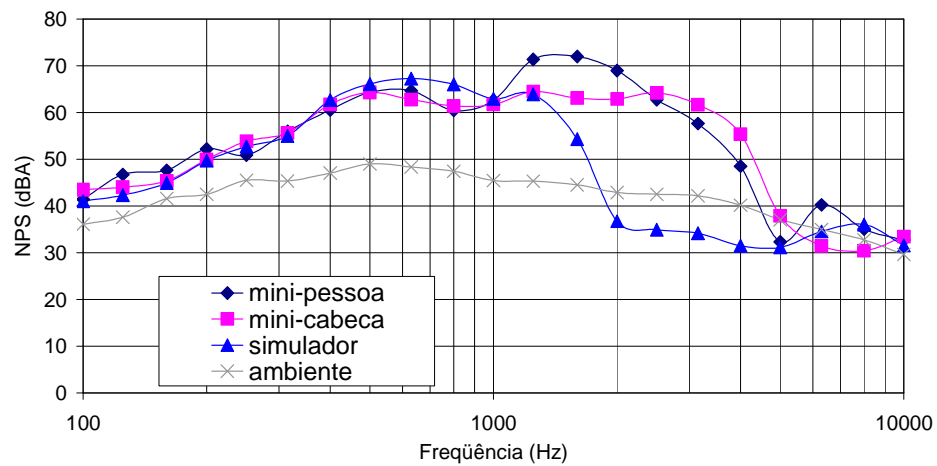
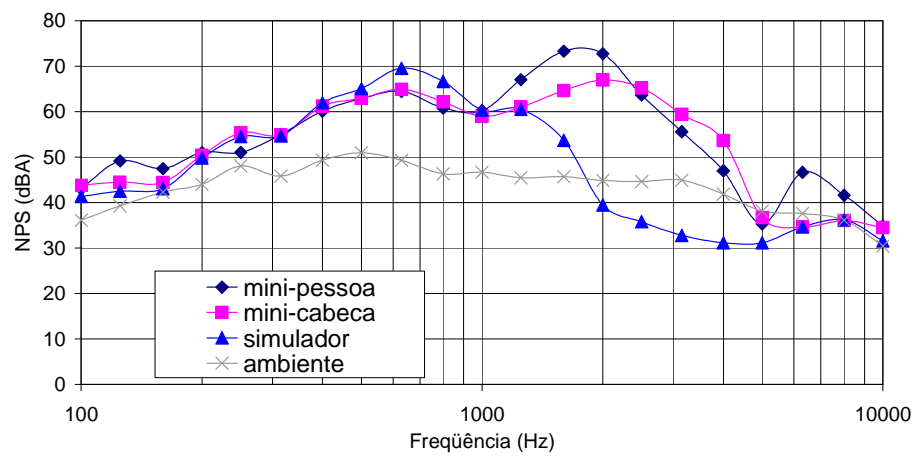
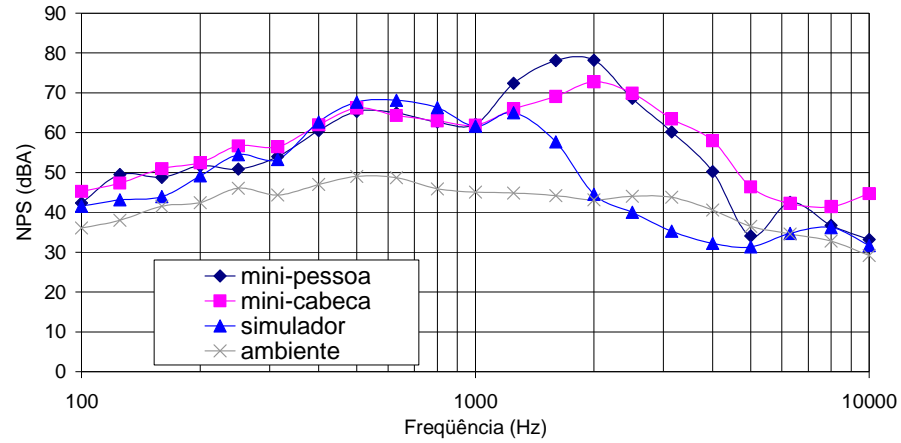
**Setor Receptivo – Turno 1 - Indivíduo F – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



**Setor Receptivo – Turno 1 - Indivíduo G – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**

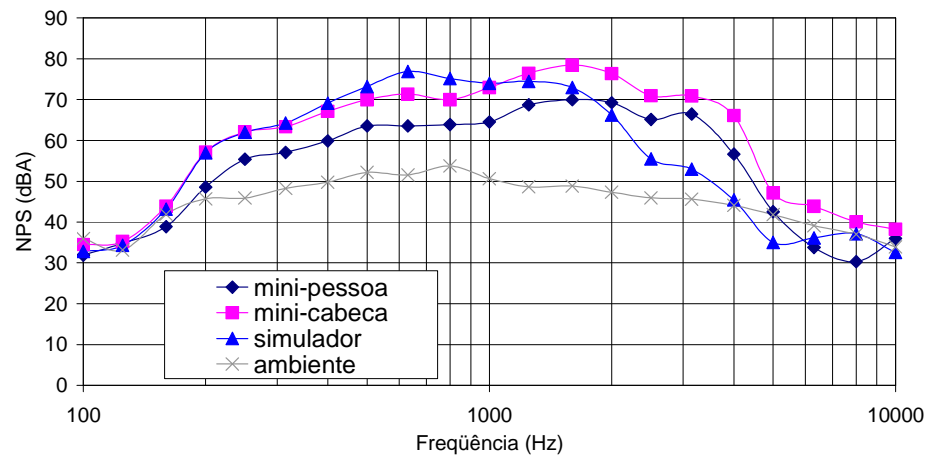
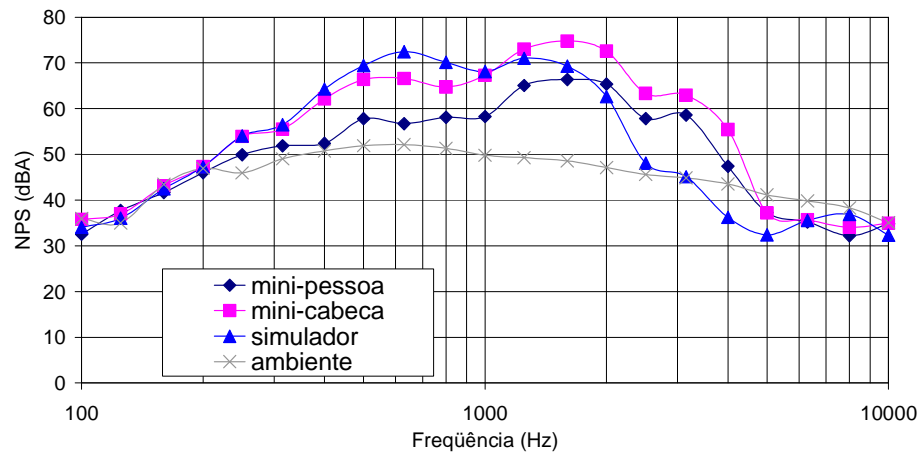
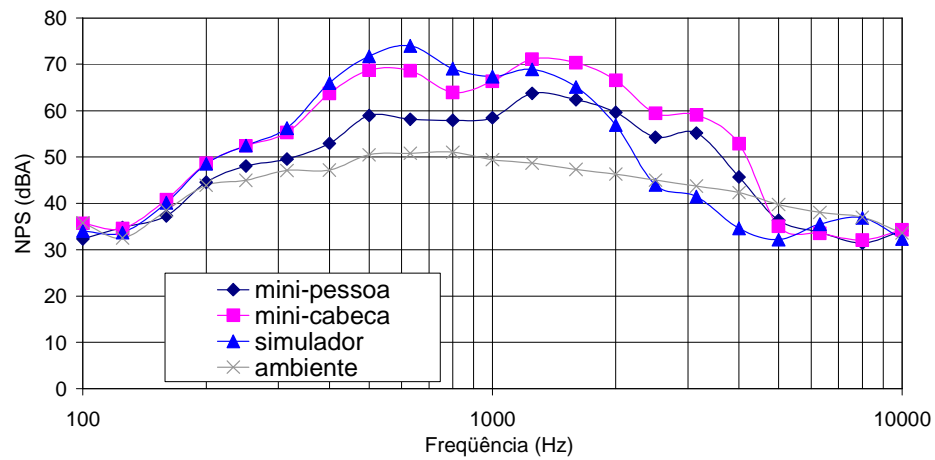
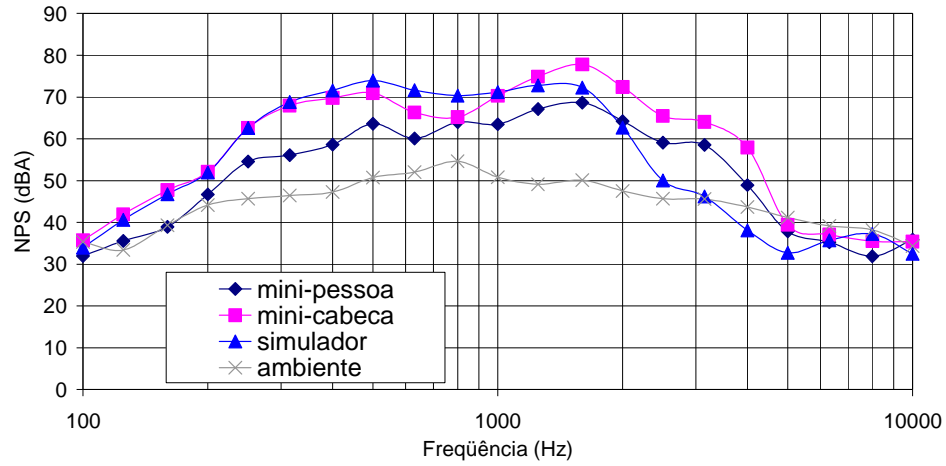


**Sector Receptivo – Turno 1 - Indivíduo H – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**

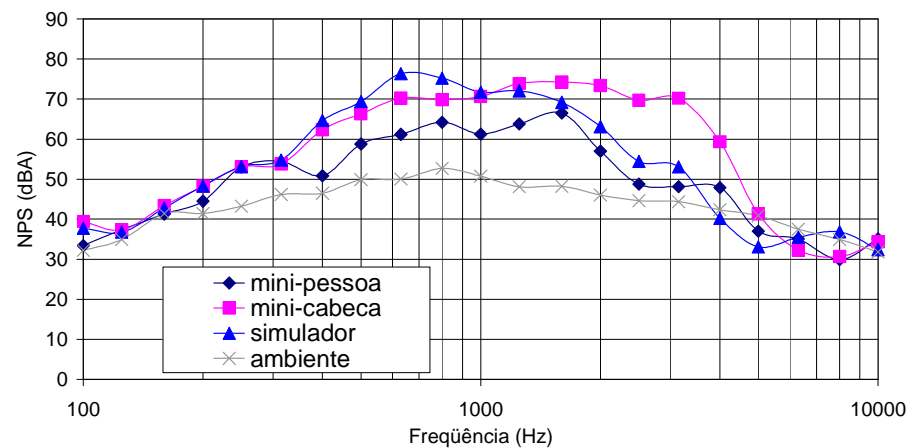
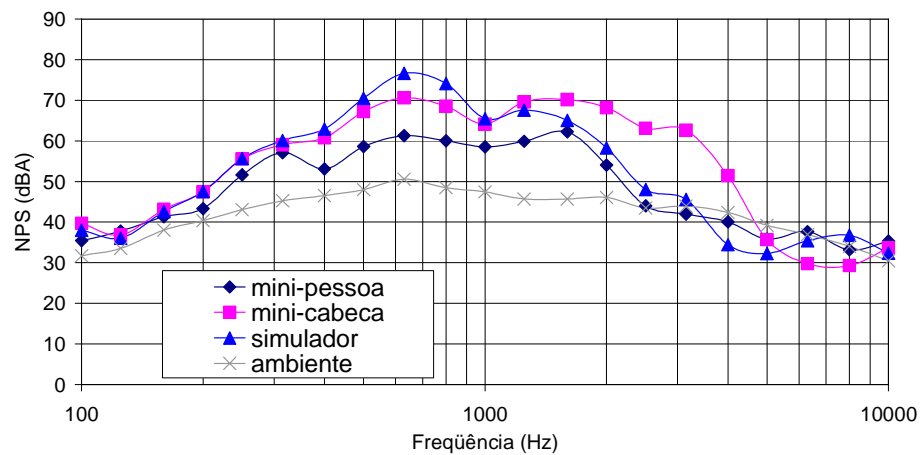
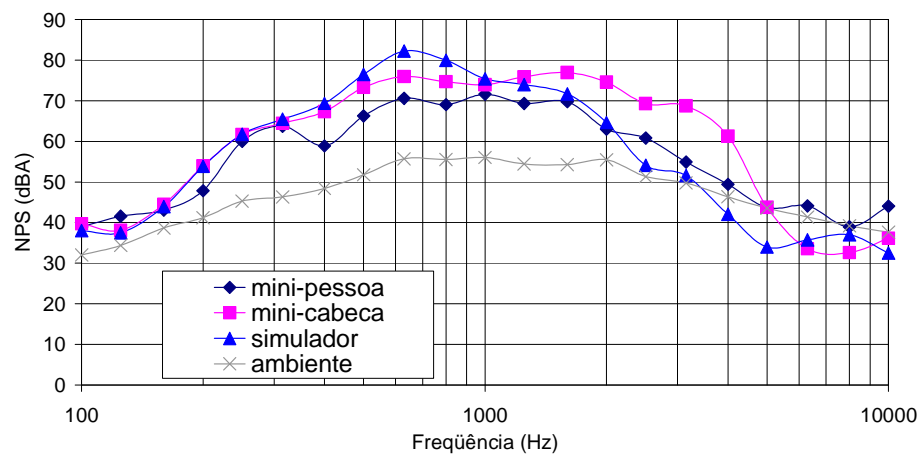
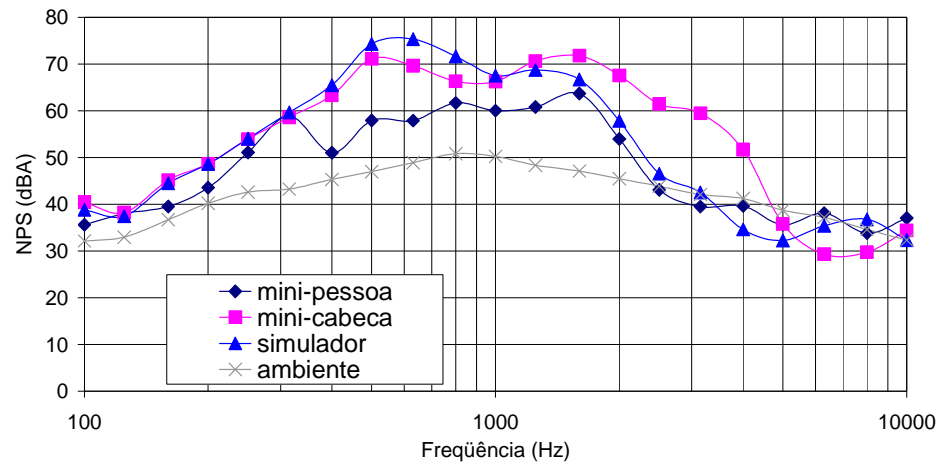




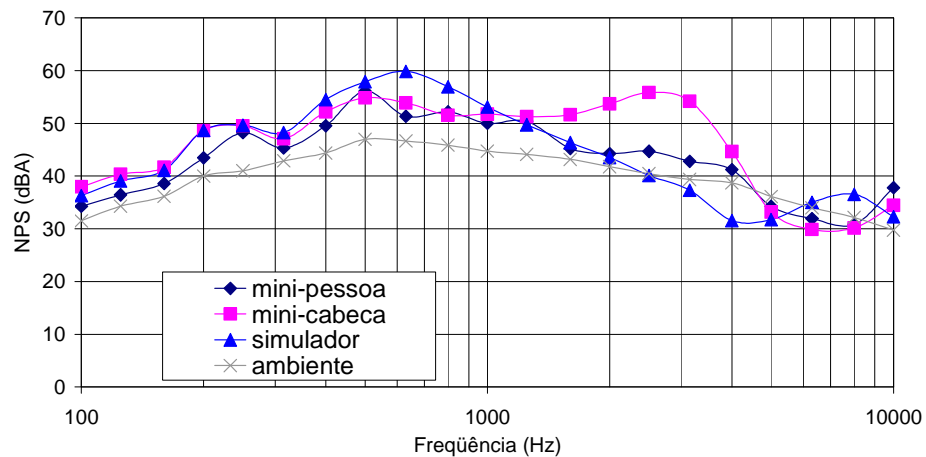
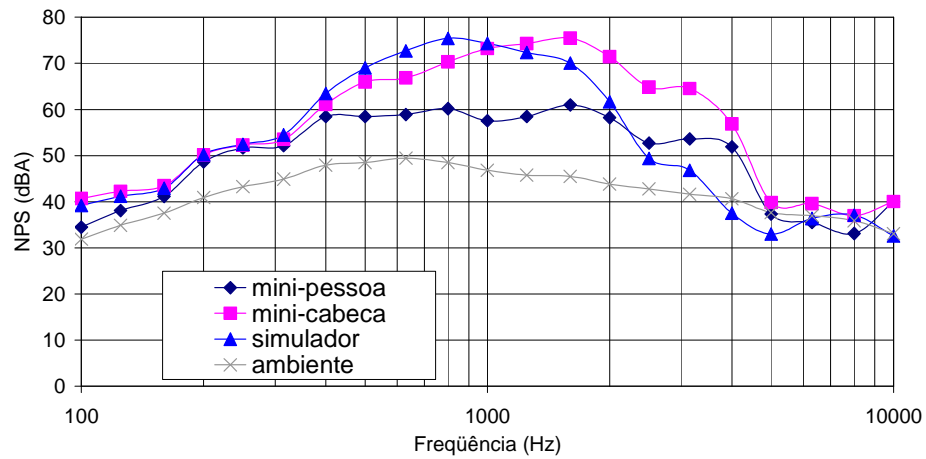
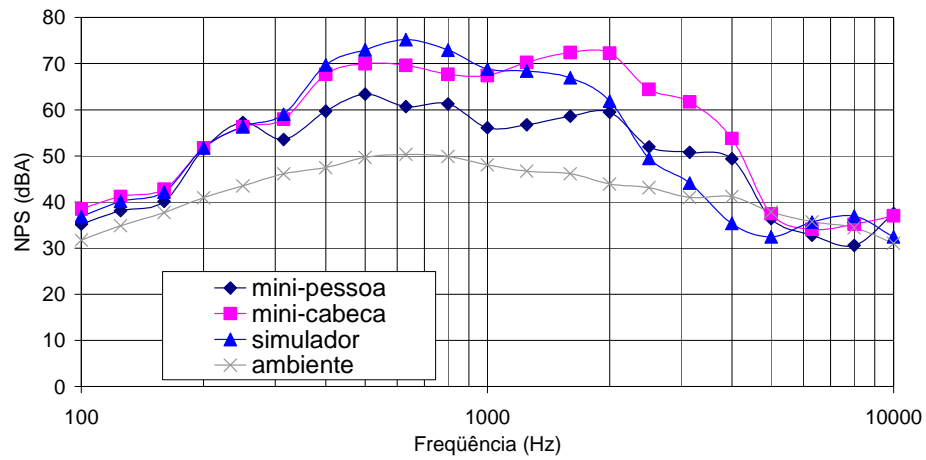
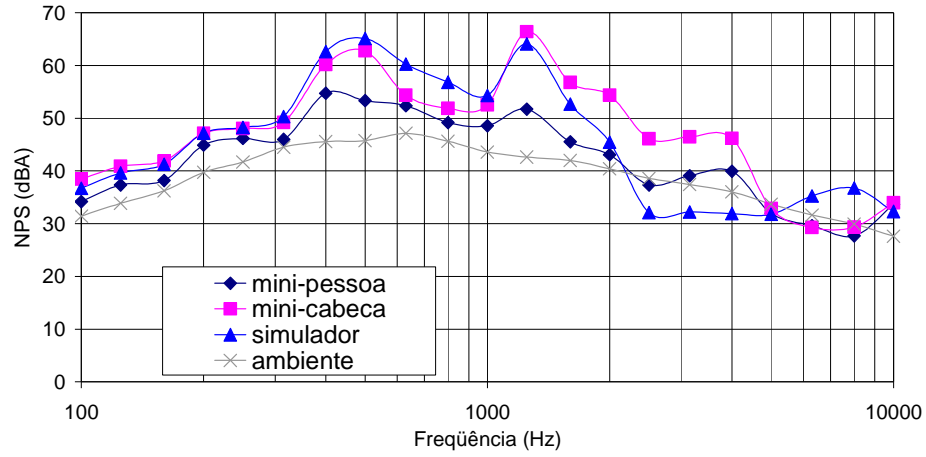
**Setor Receptivo – Turno 2 - Indivíduo A – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



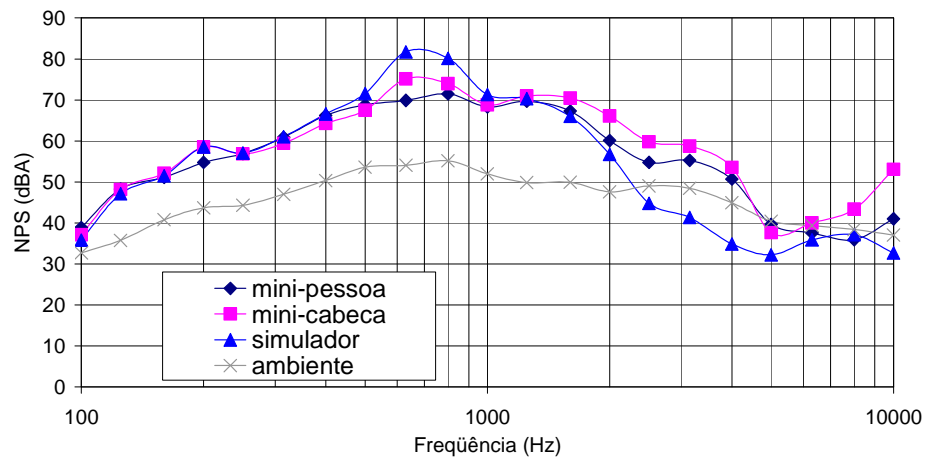
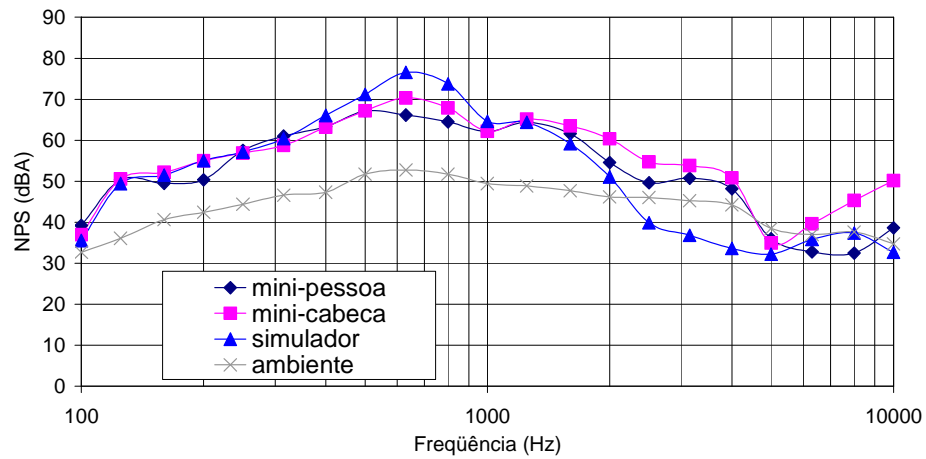
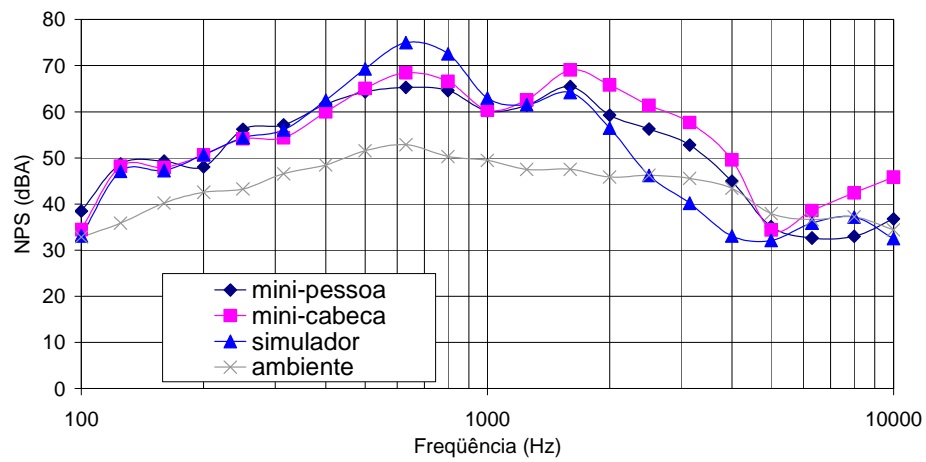
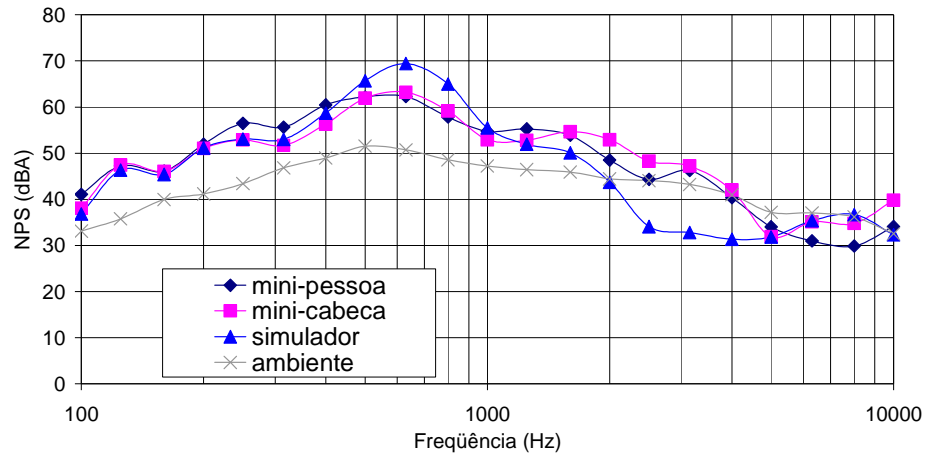
**Setor Receptivo – Turno 2 - Indivíduo B – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



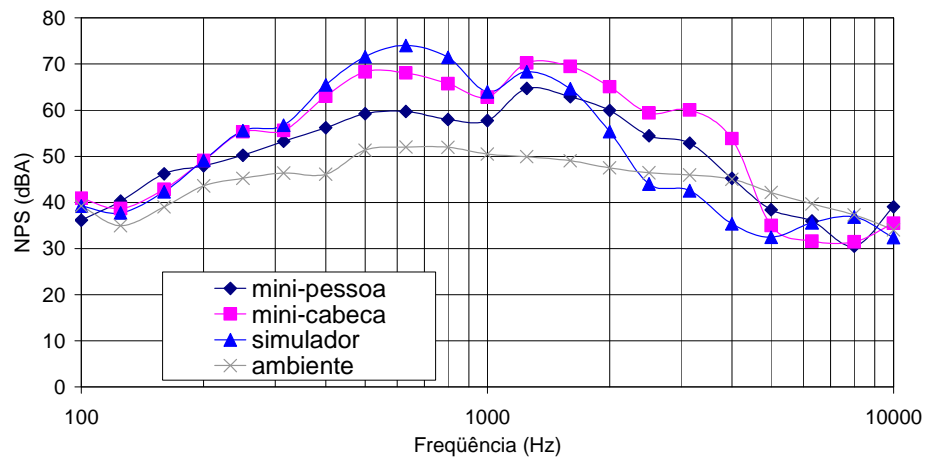
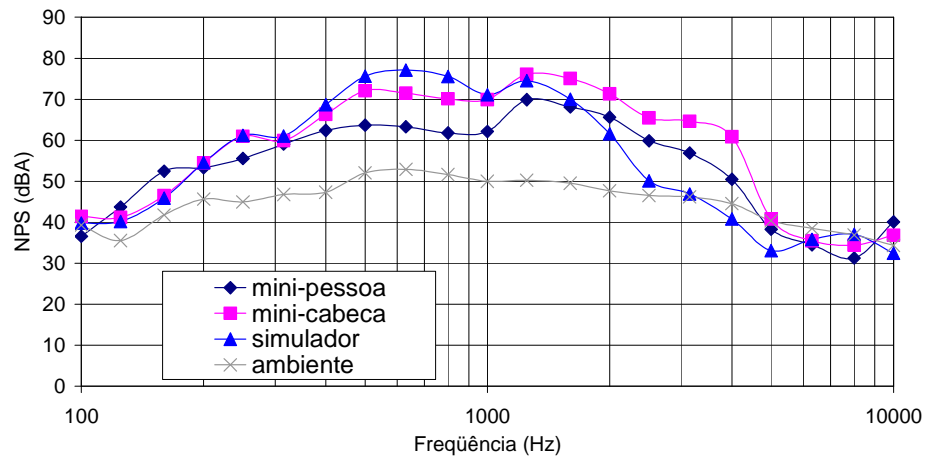
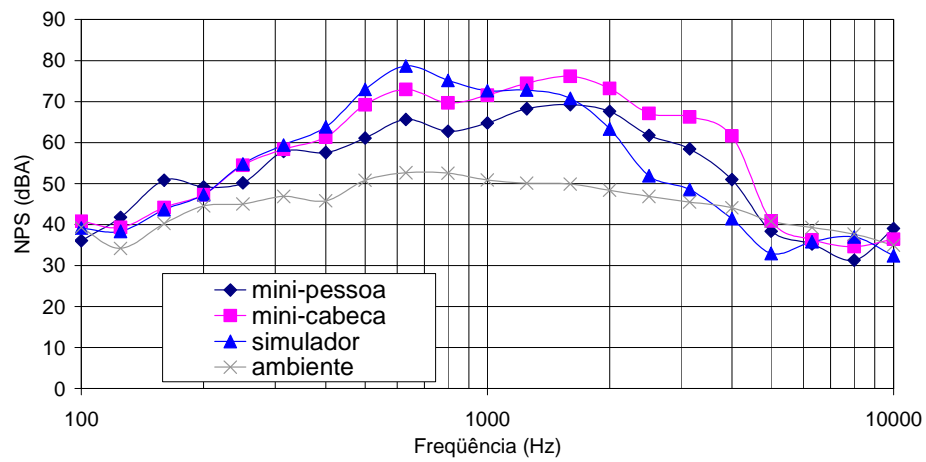
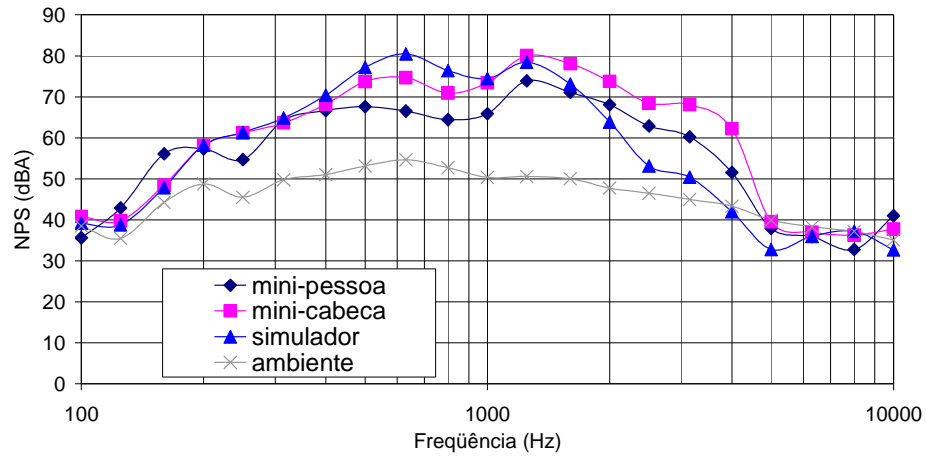
**Setor Receptivo – Turno 2 - Indivíduo C – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



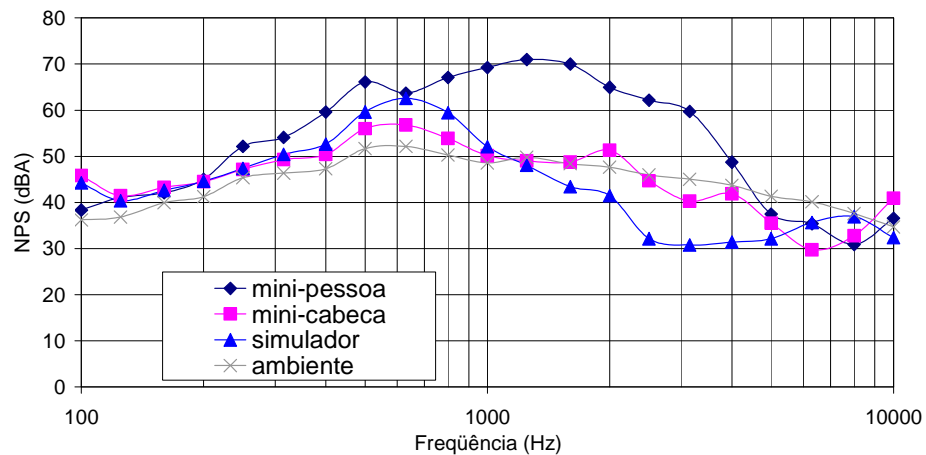
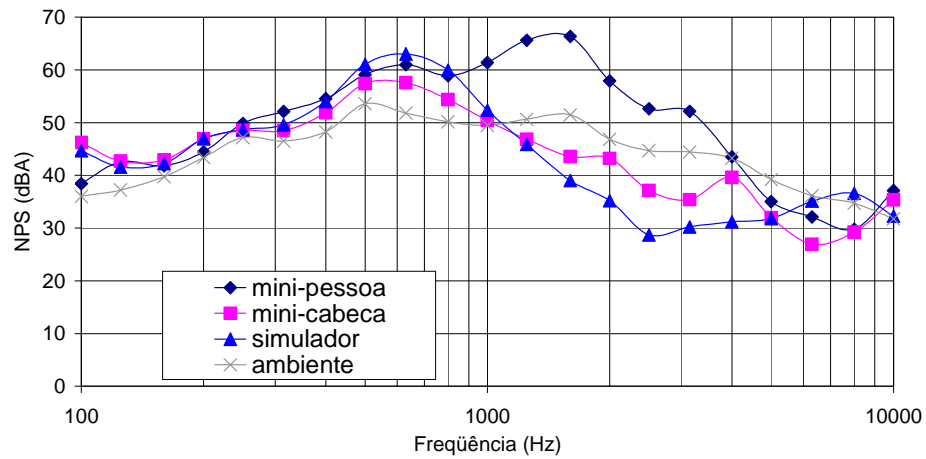
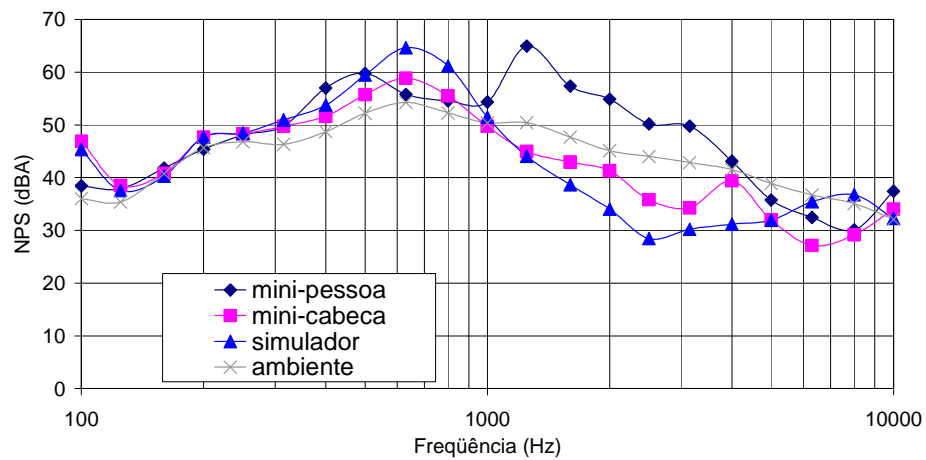
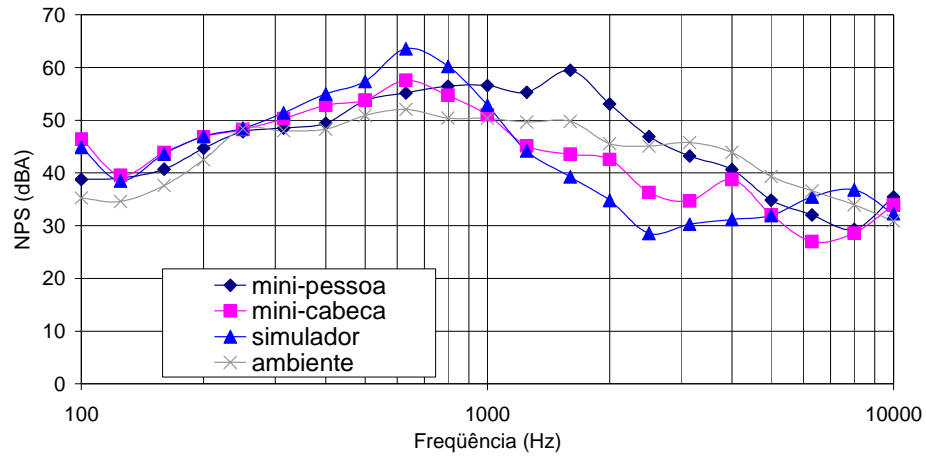
**Setor Receptivo – Turno 2 - Indivíduo D – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



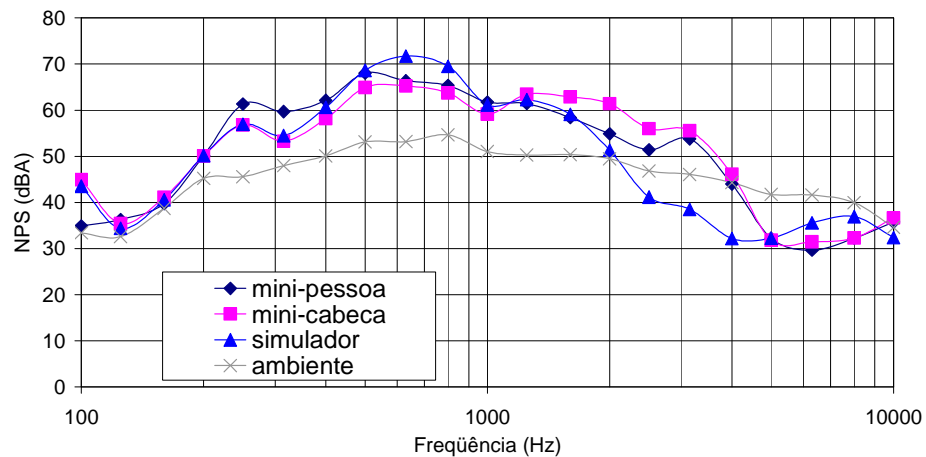
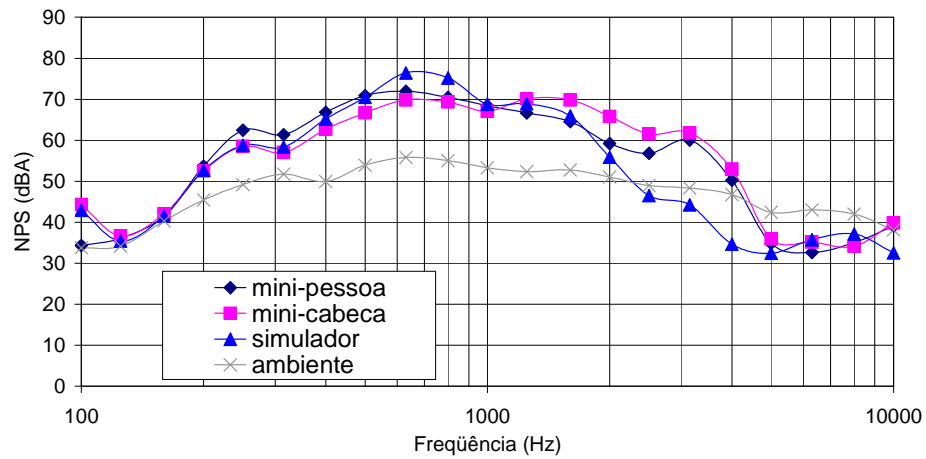
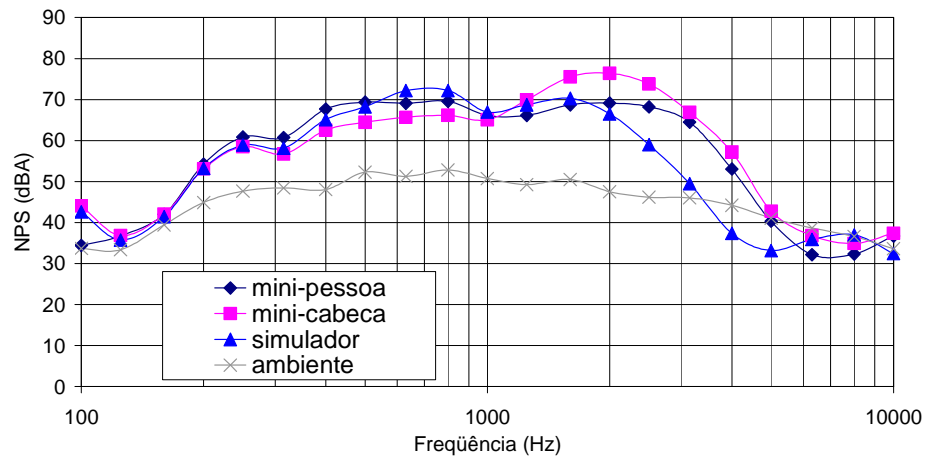
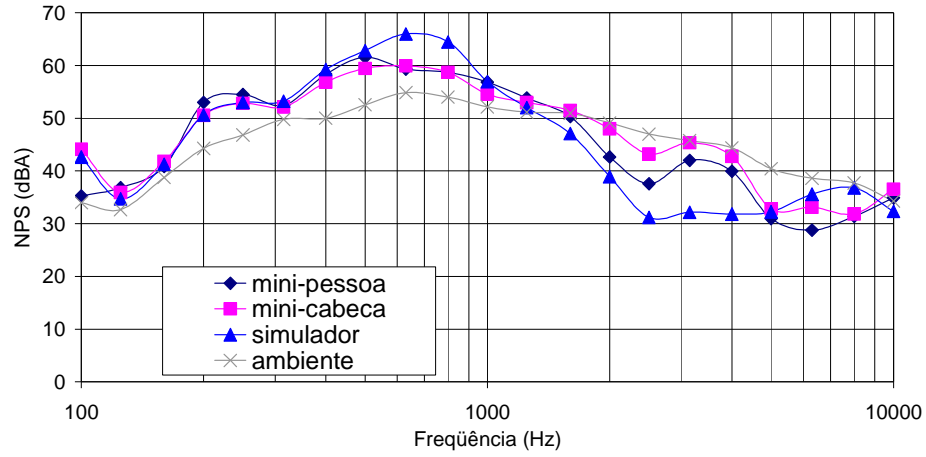
**Setor Receptivo – Turno 2 - Indivíduo E – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



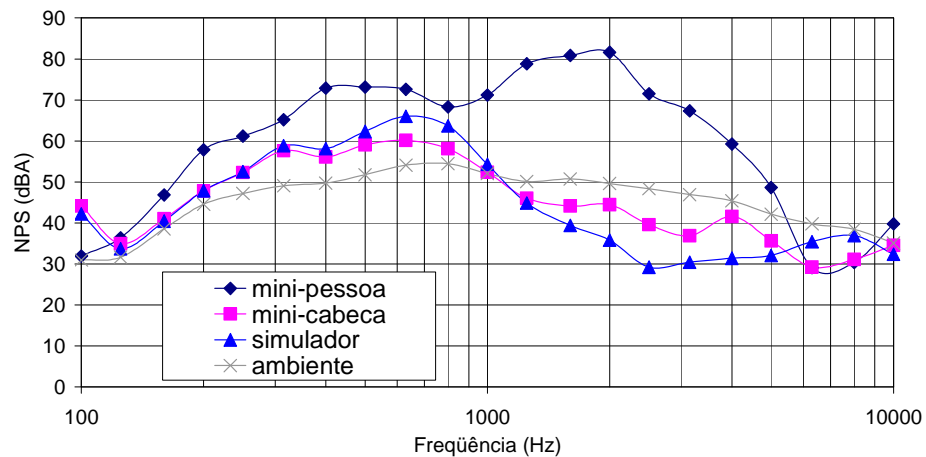
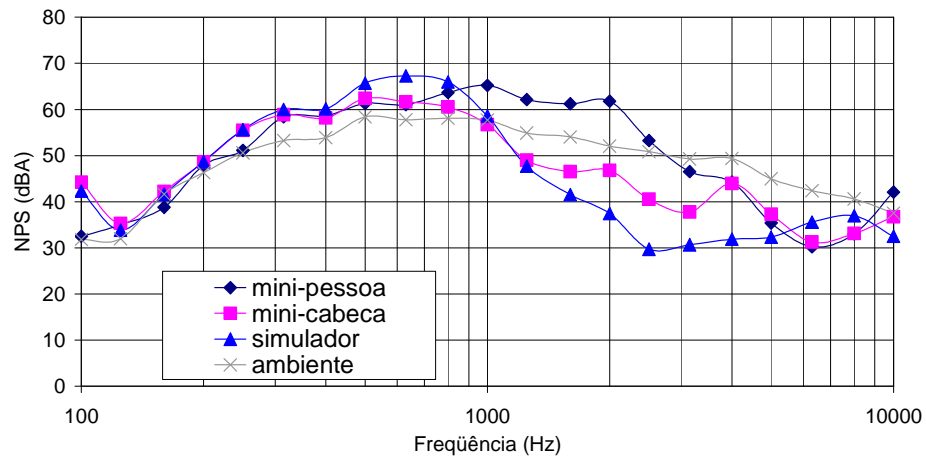
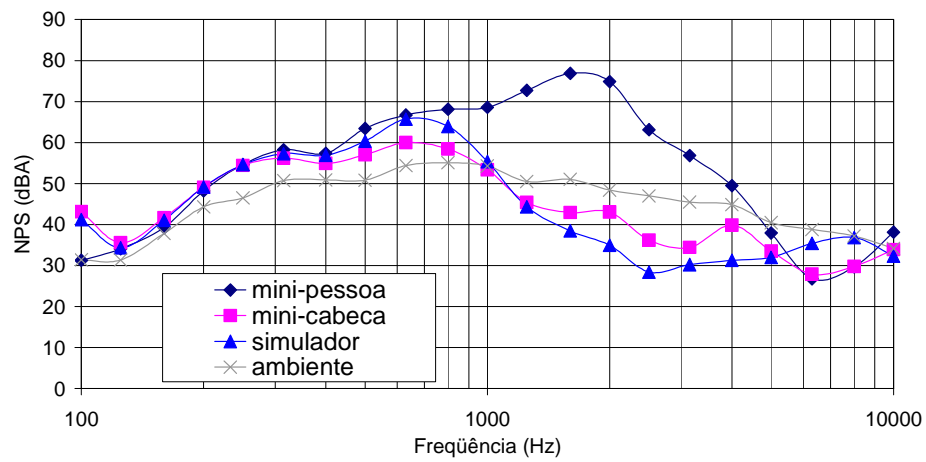
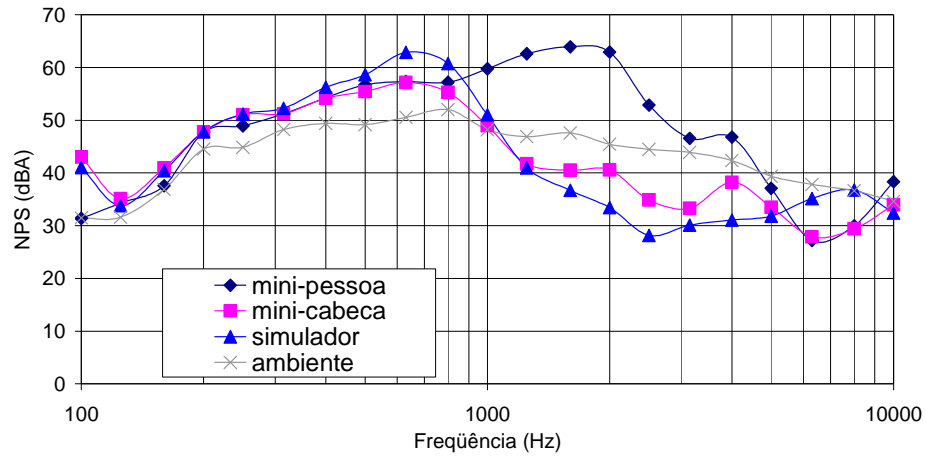
**Setor Receptivo – Turno 2 - Indivíduo F – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



**Setor Receptivo – Turno 2 - Indivíduo G – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**

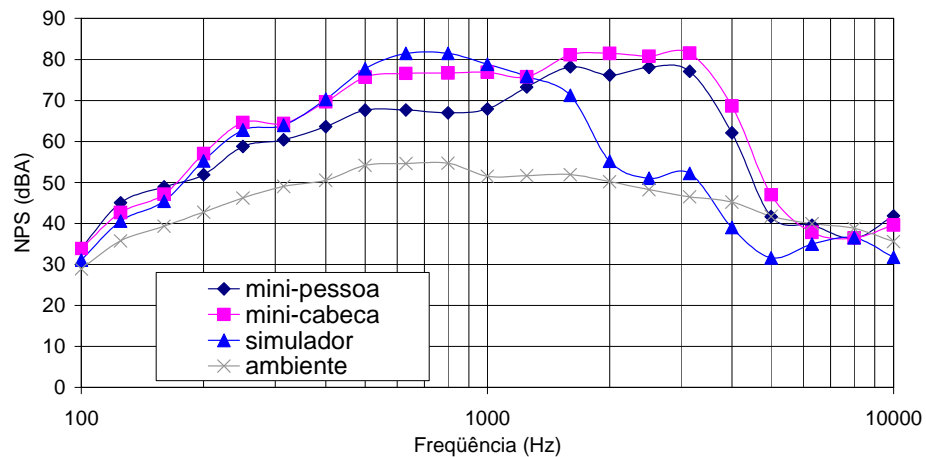
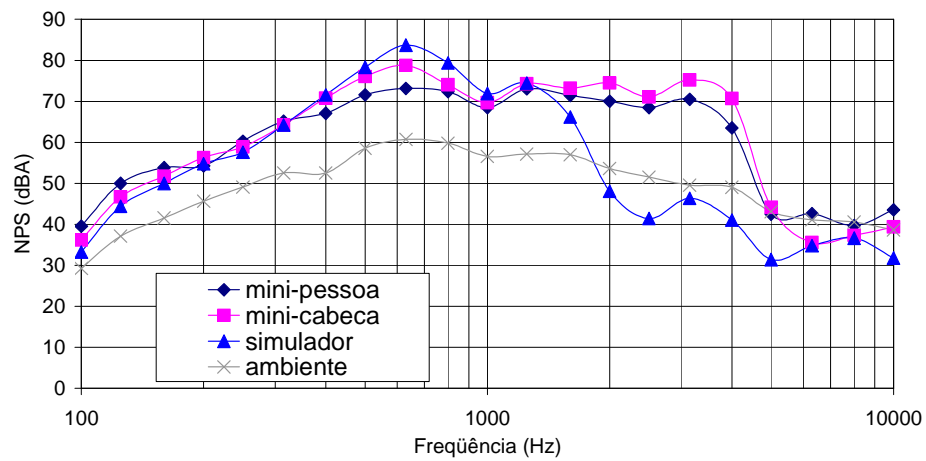
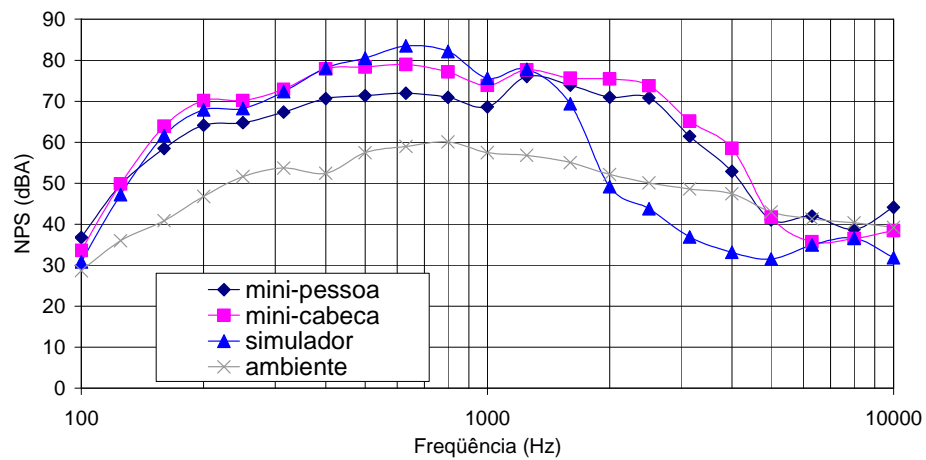
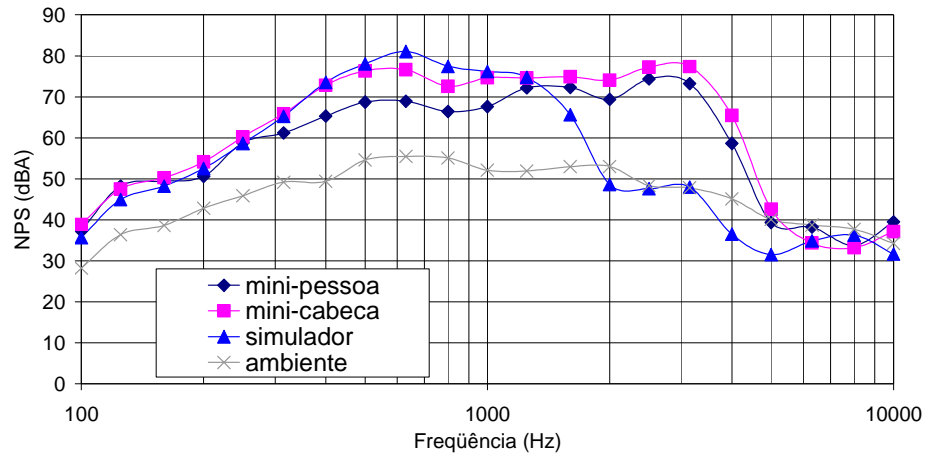


**Setor Receptivo – Turno 2 - Indivíduo H – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**

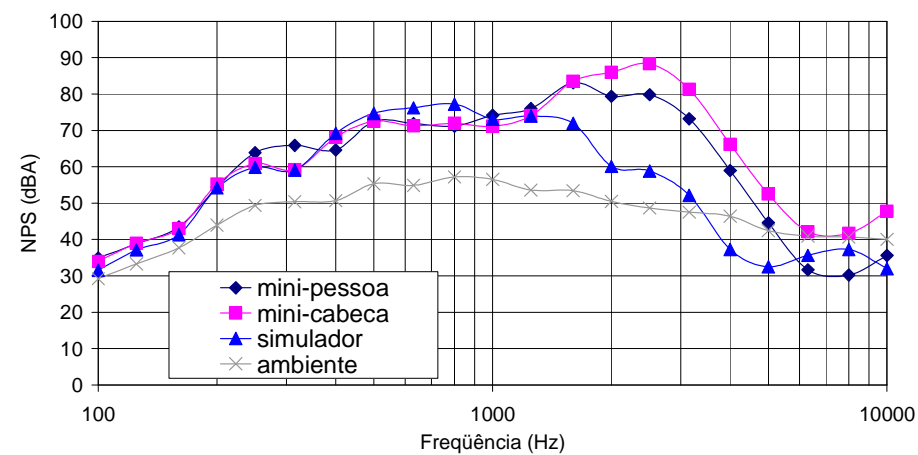
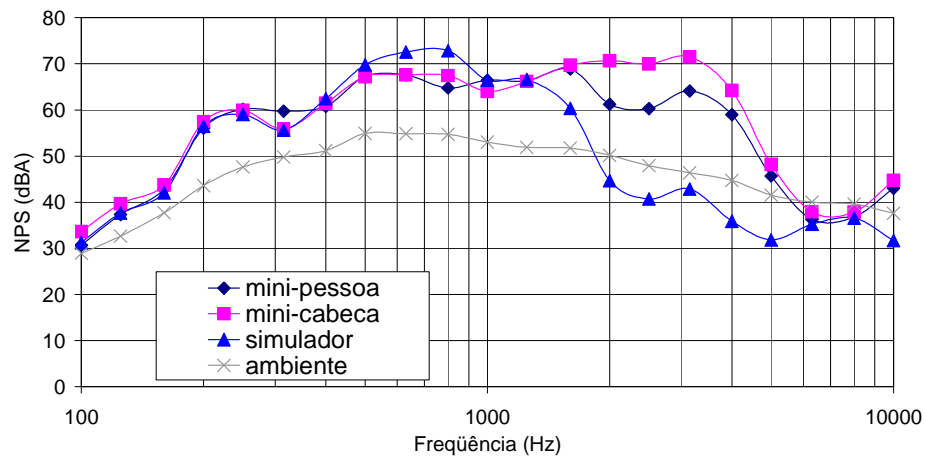
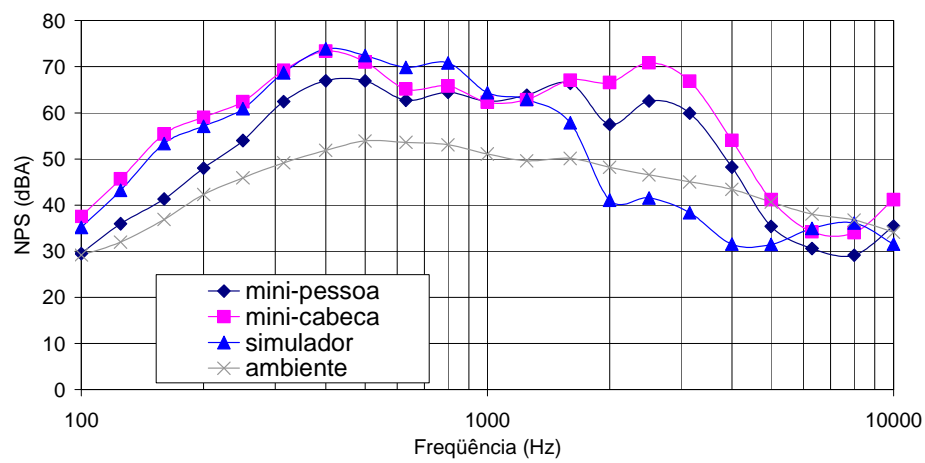
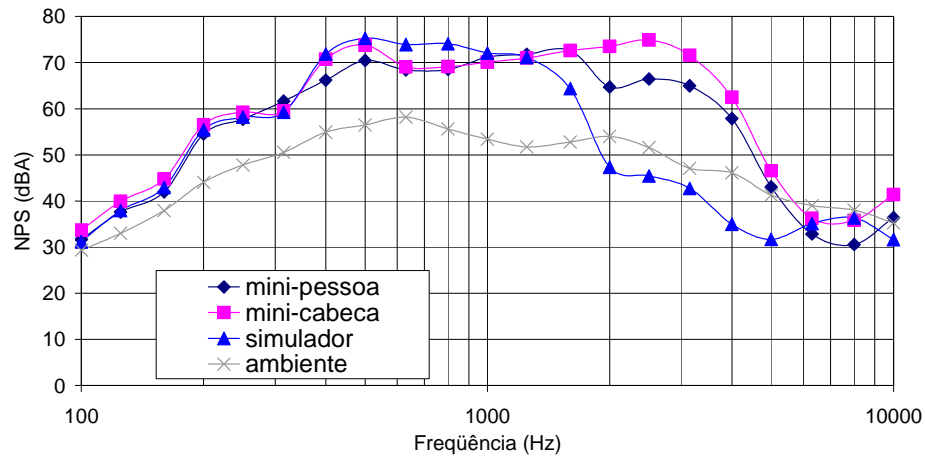




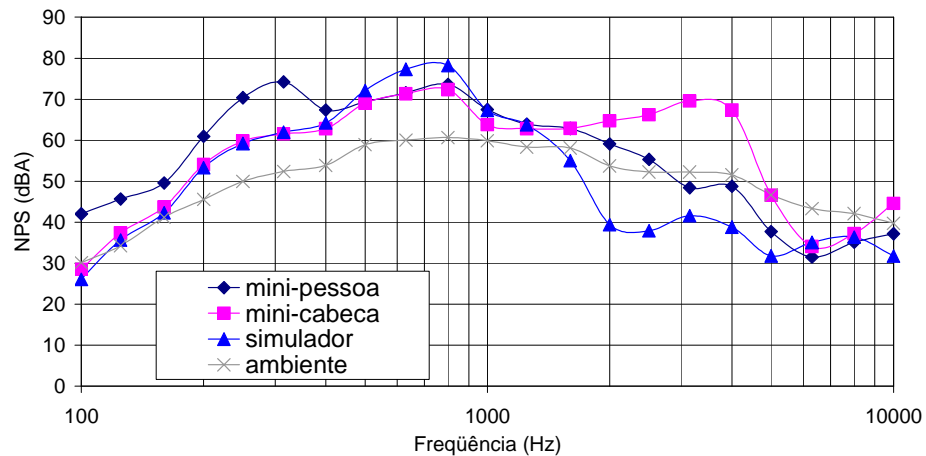
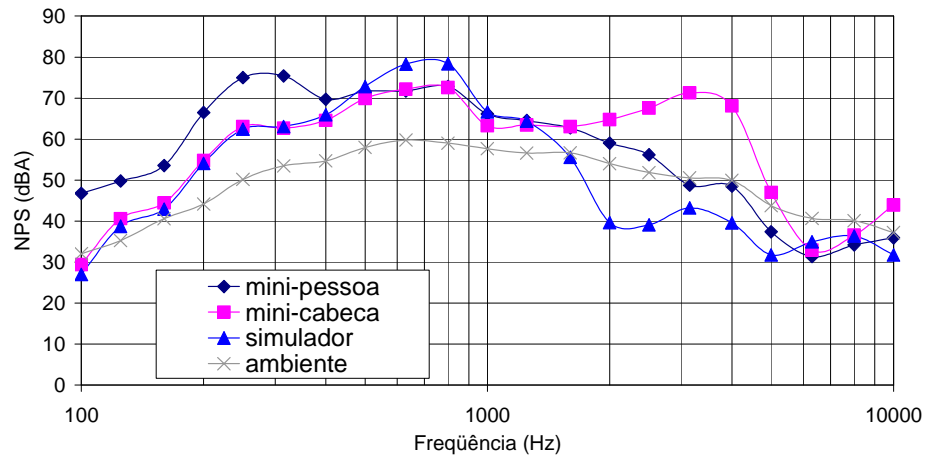
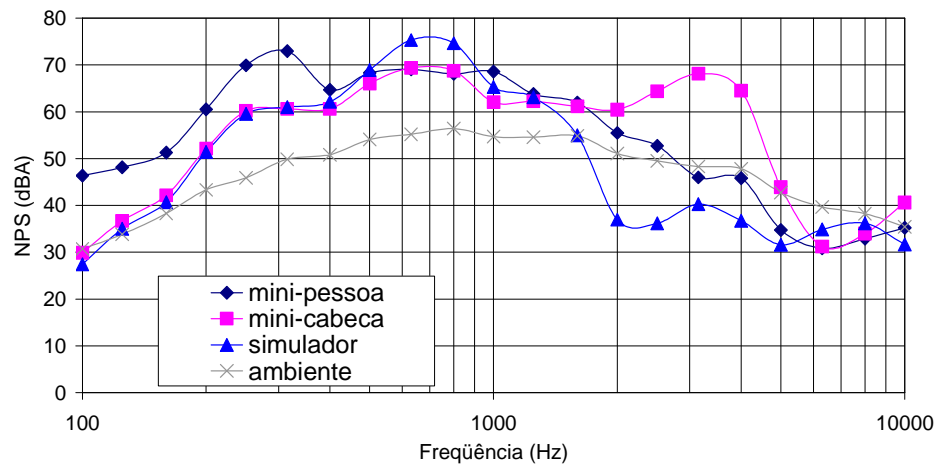
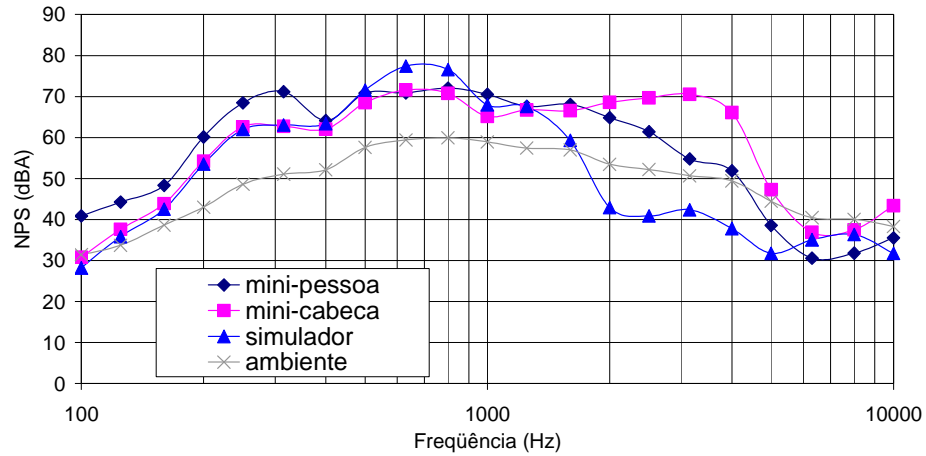
**Setor Ativo – Turno 1 - Indivíduo A – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



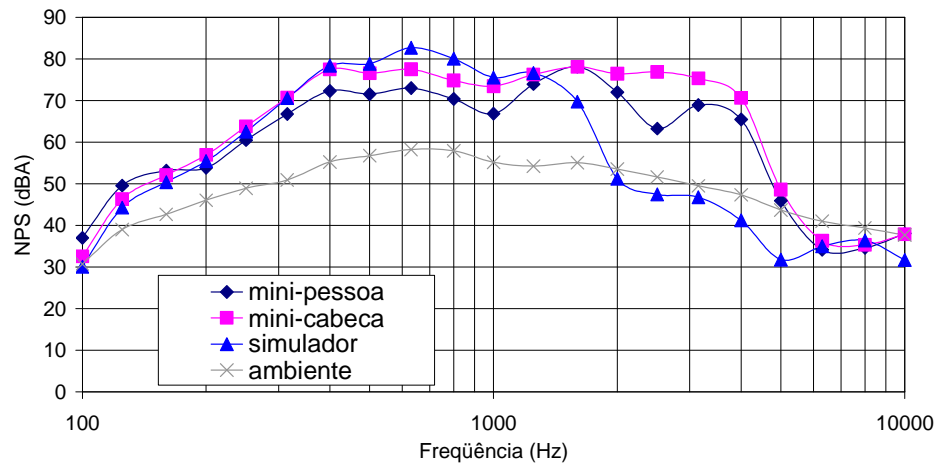
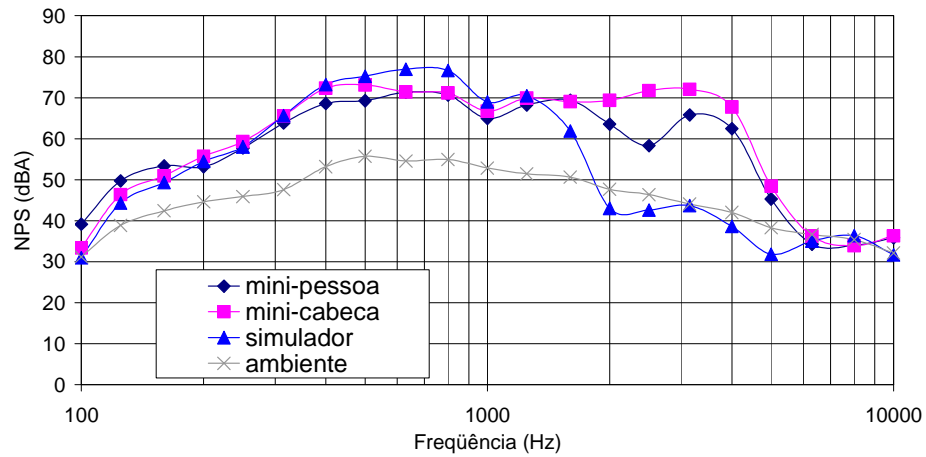
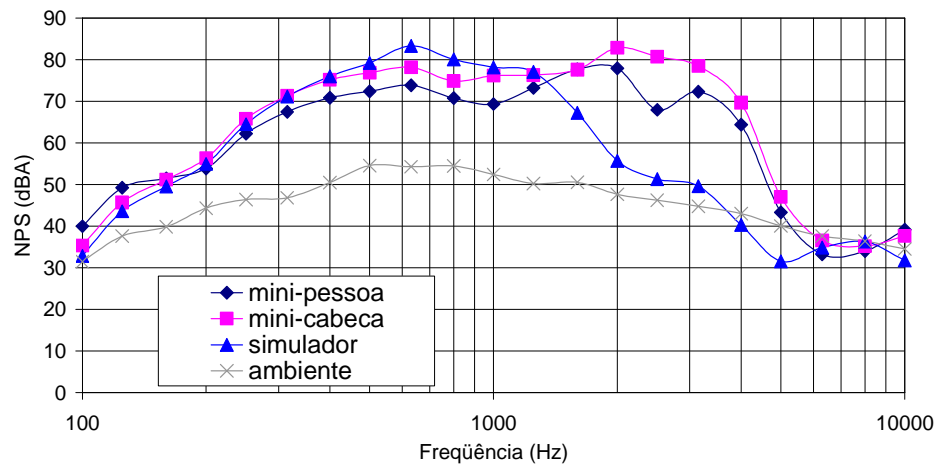
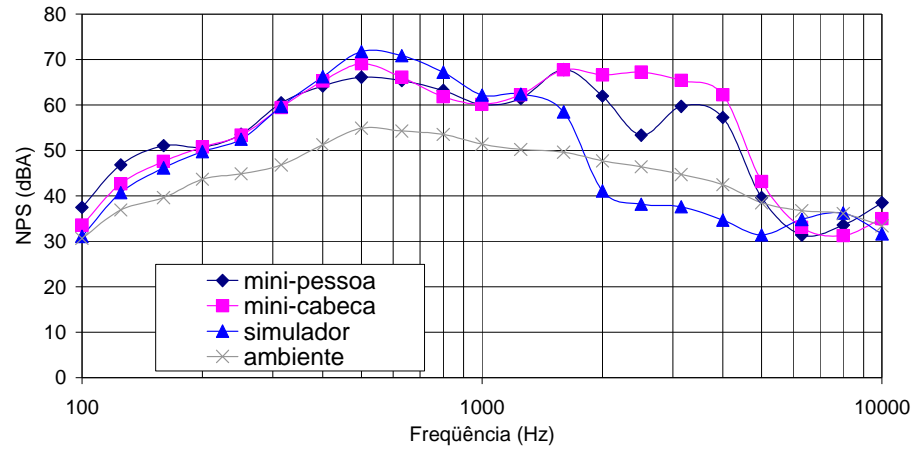
**Setor Ativo – Turno 1 - Indivíduo B – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



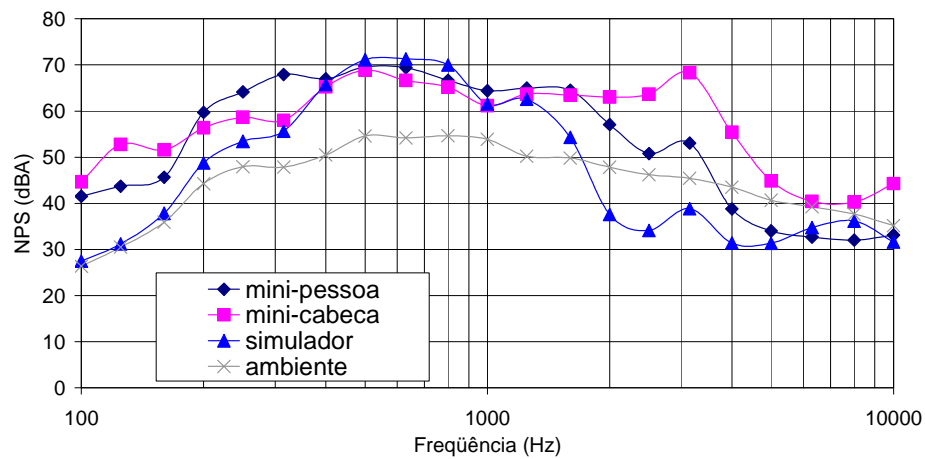
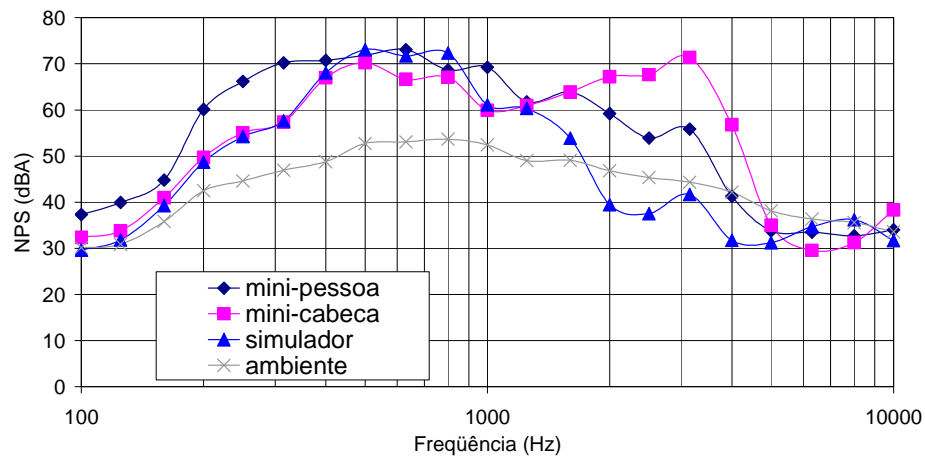
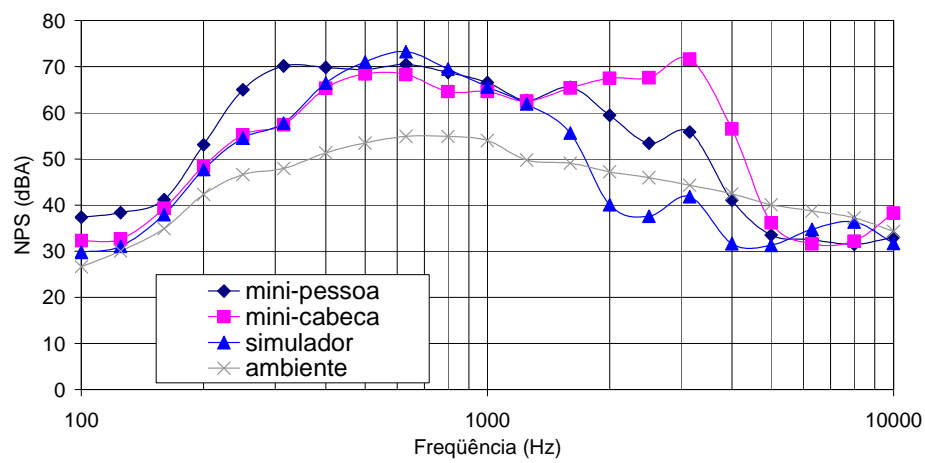
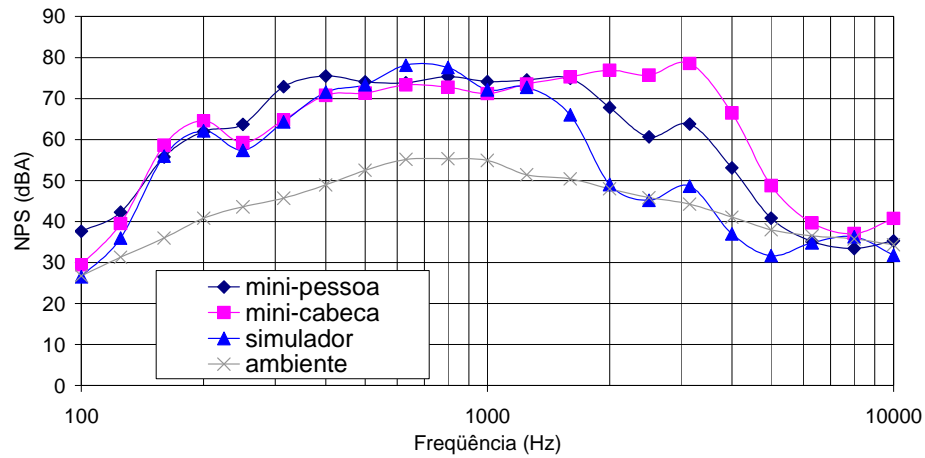
**Setor Ativo – Turno 1 - Indivíduo C – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



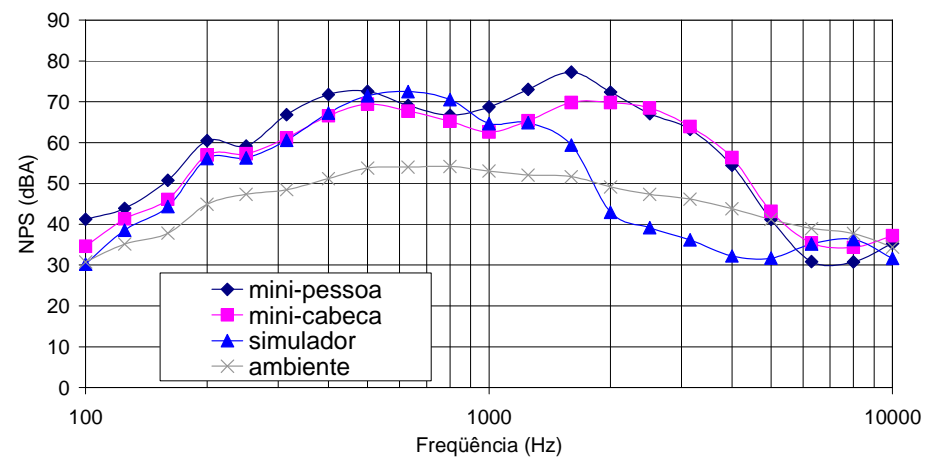
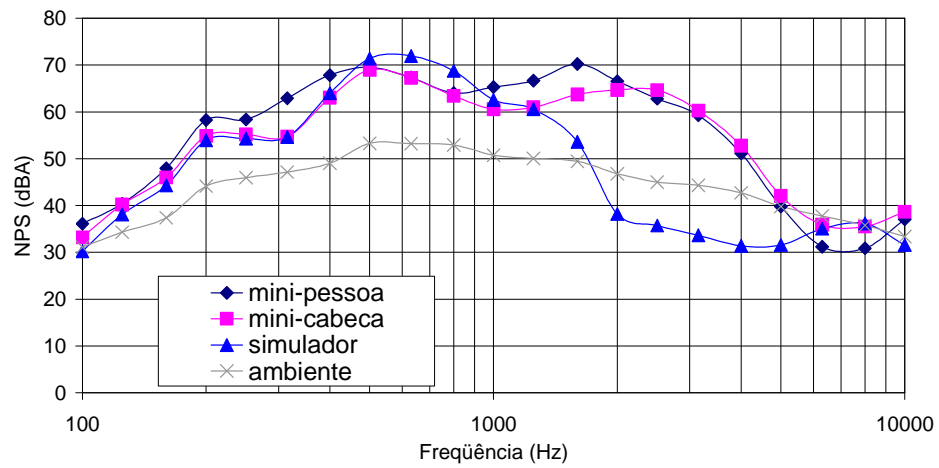
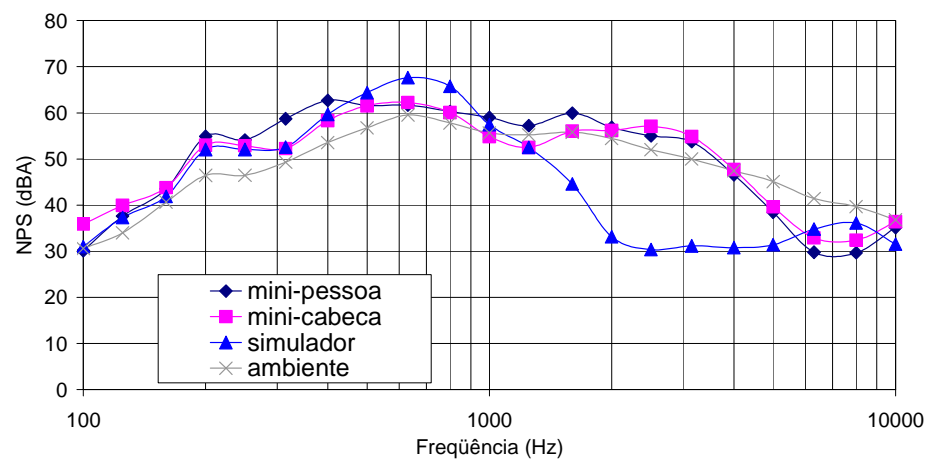
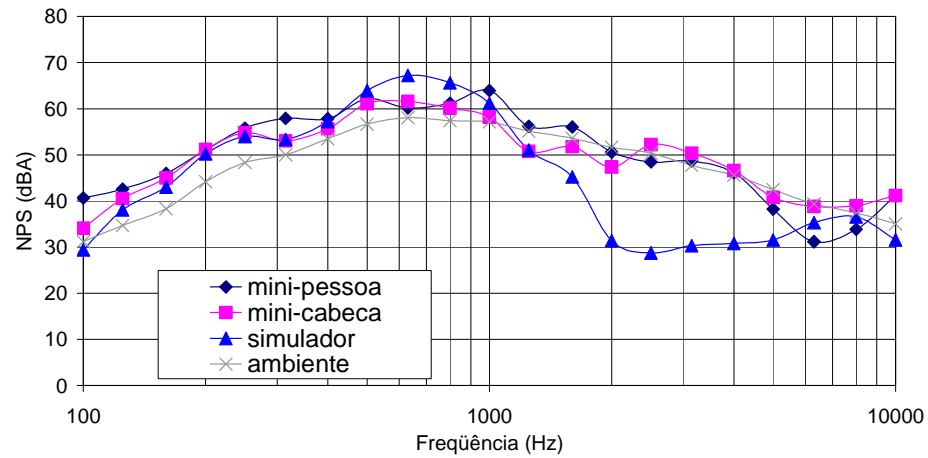
**Setor Ativo – Turno 1 - Indivíduo D – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



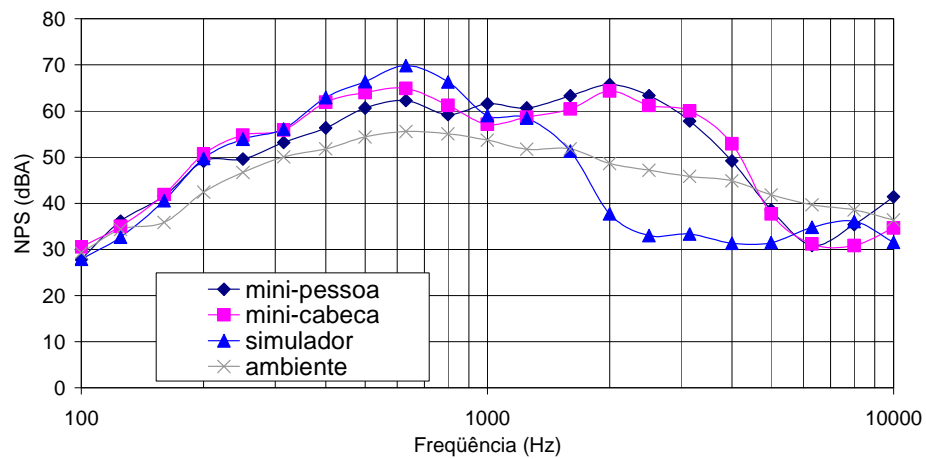
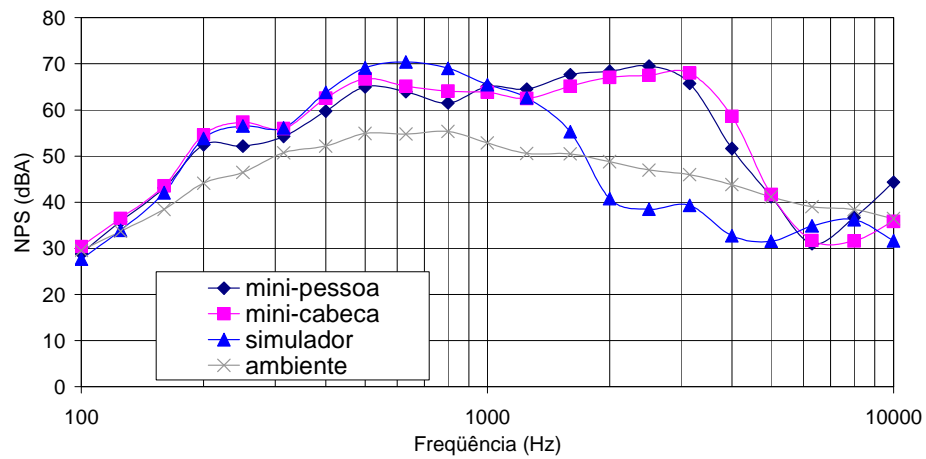
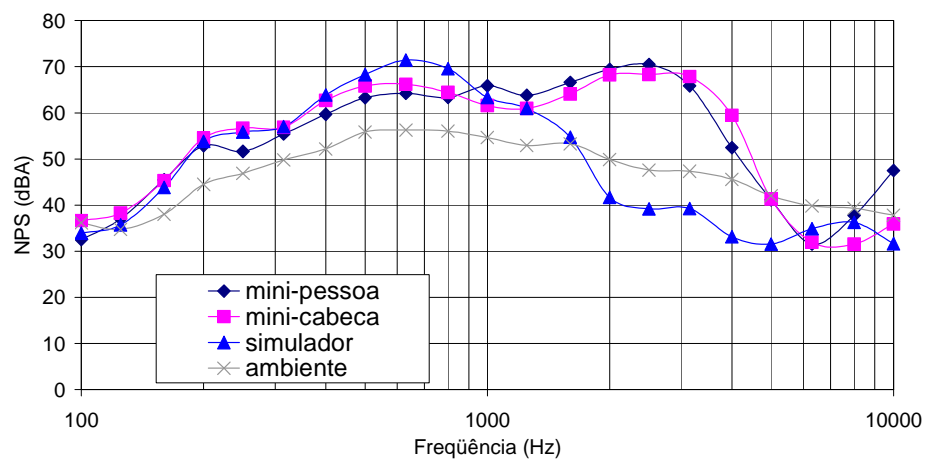
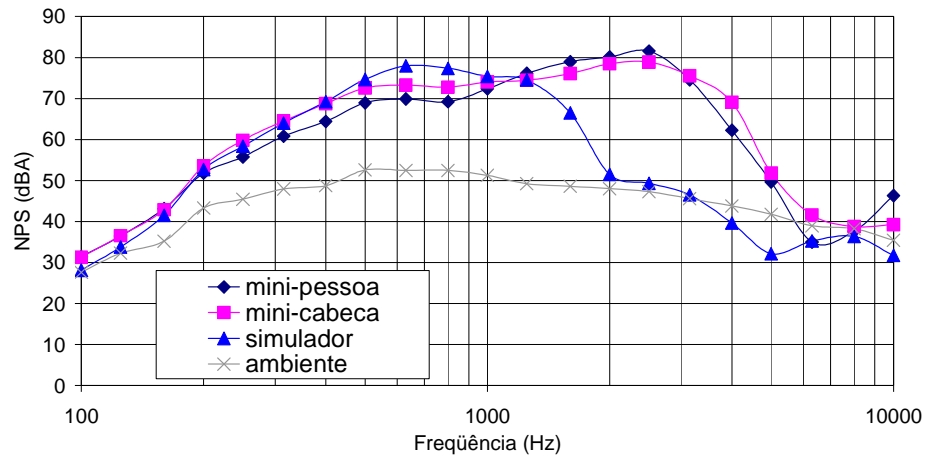
**Setor Ativo – Turno 1 - Indivíduo E – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



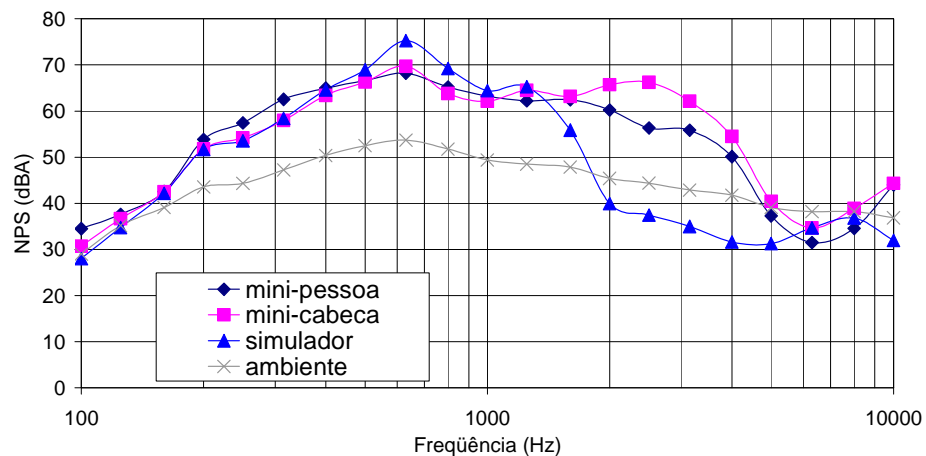
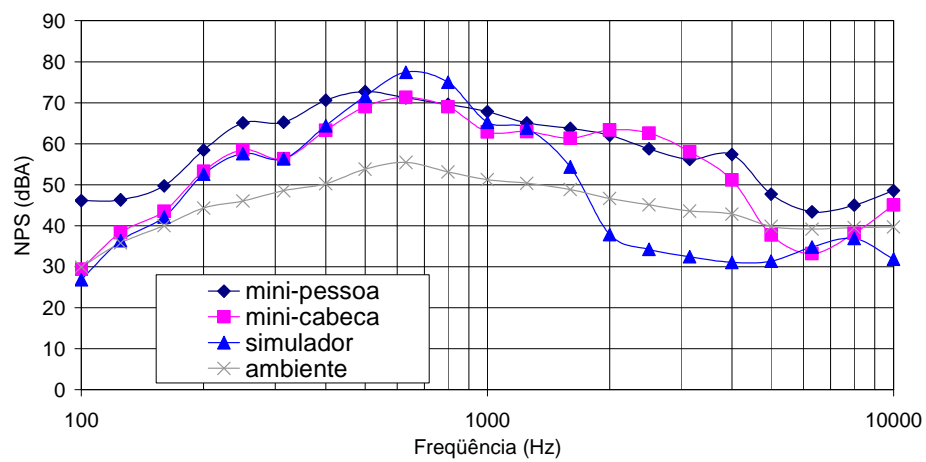
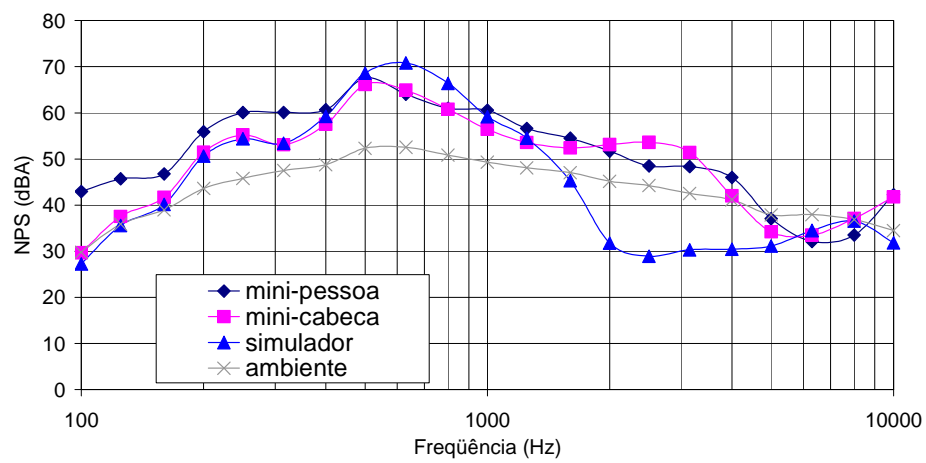
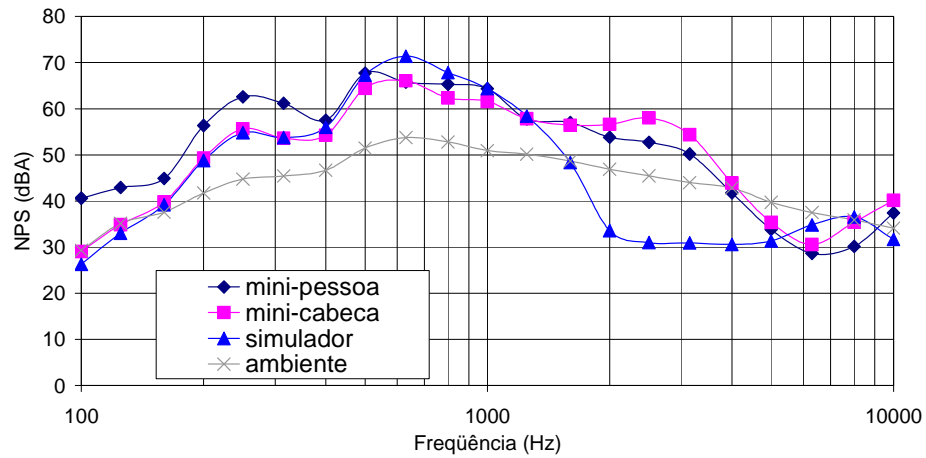
**Setor Ativo – Turno 1 - Indivíduo F – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



**Setor Ativo – Turno 1 - Indivíduo G – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**

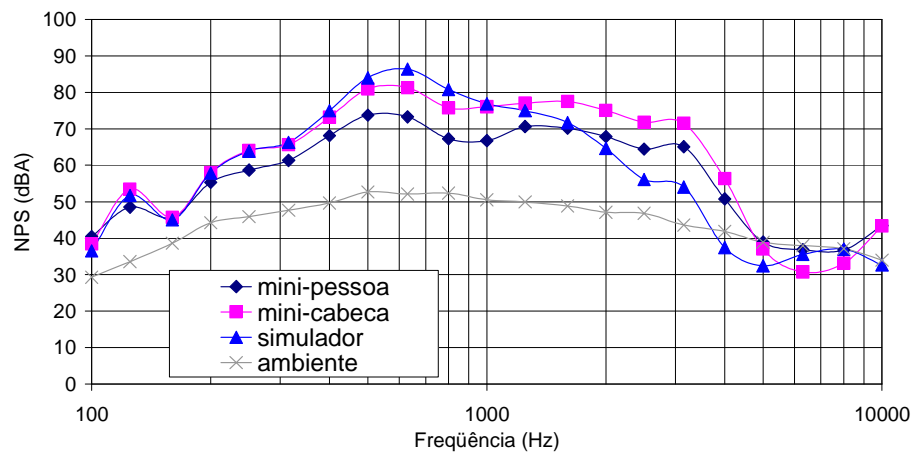
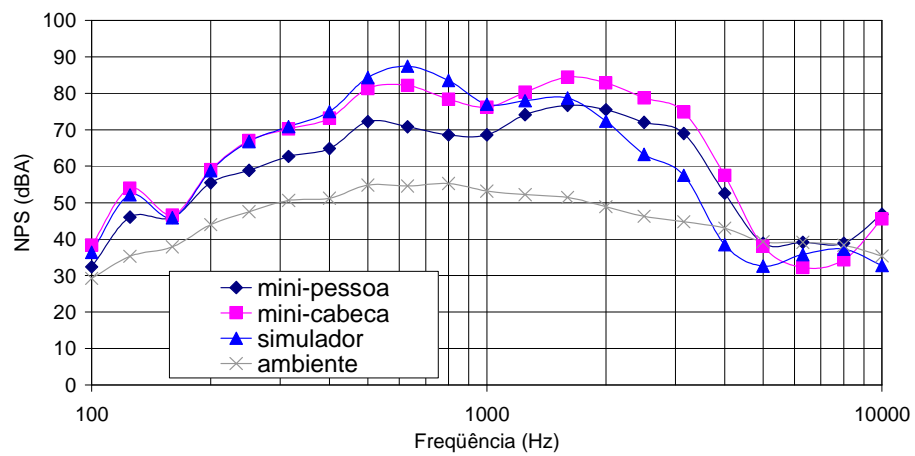
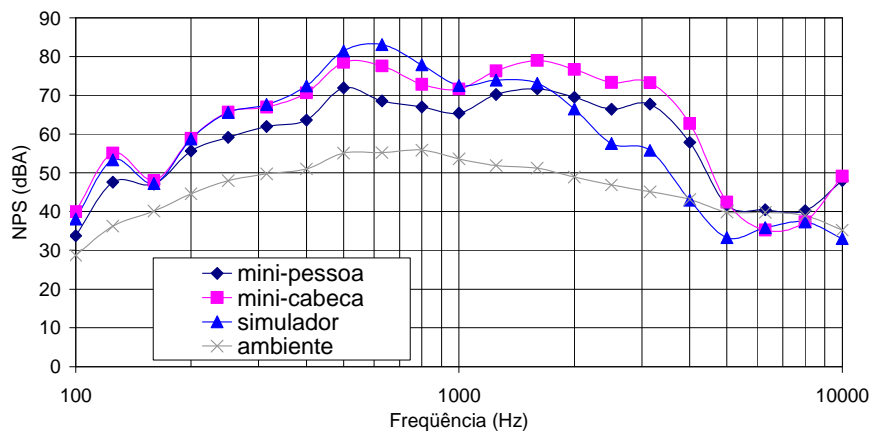
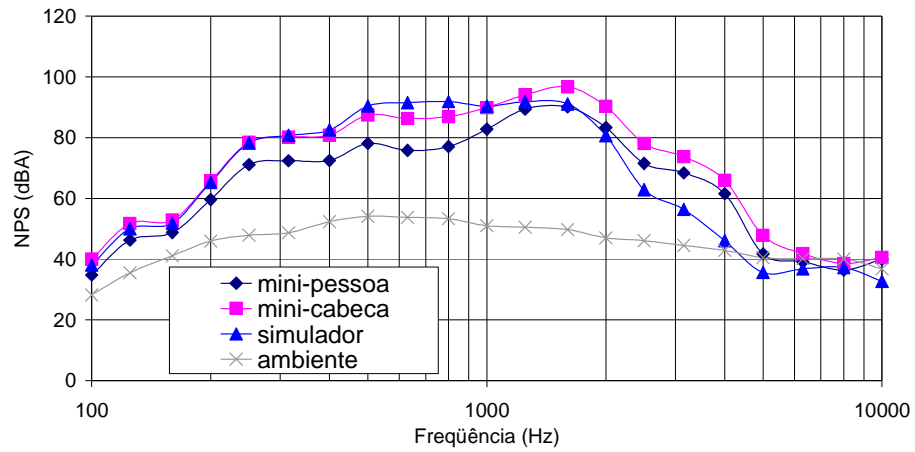


**Setor Ativo – Turno 1 - Indivíduo H – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**

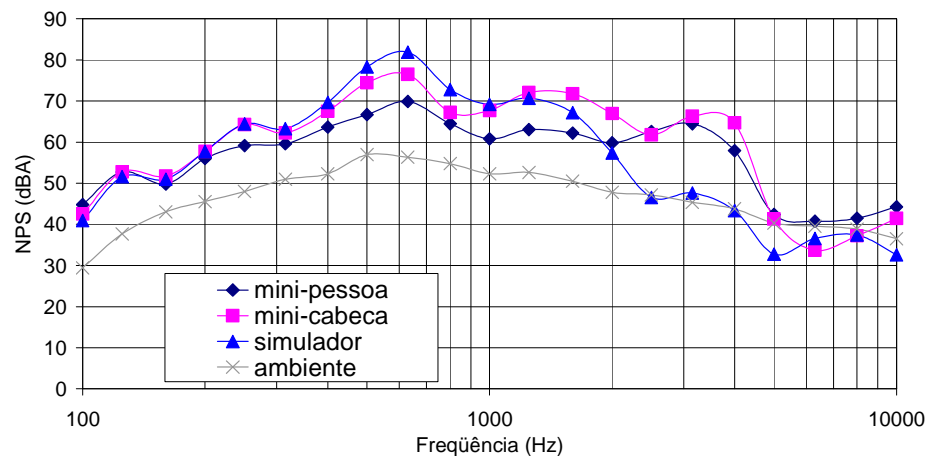
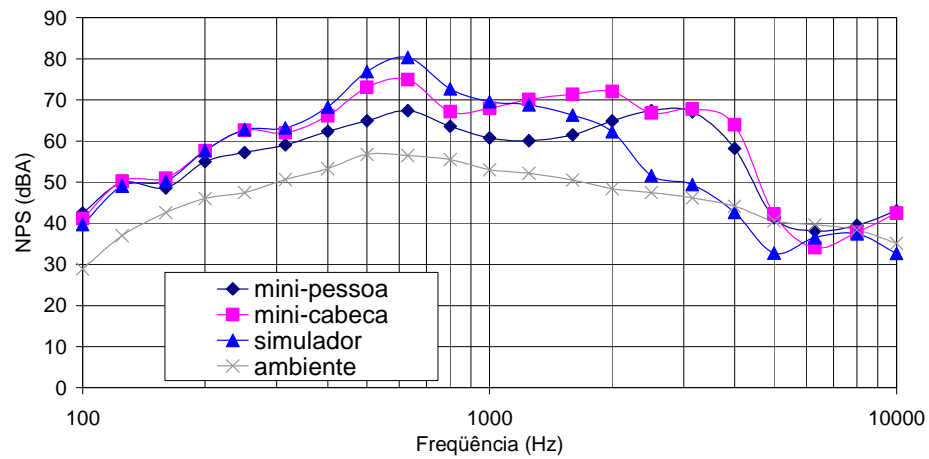
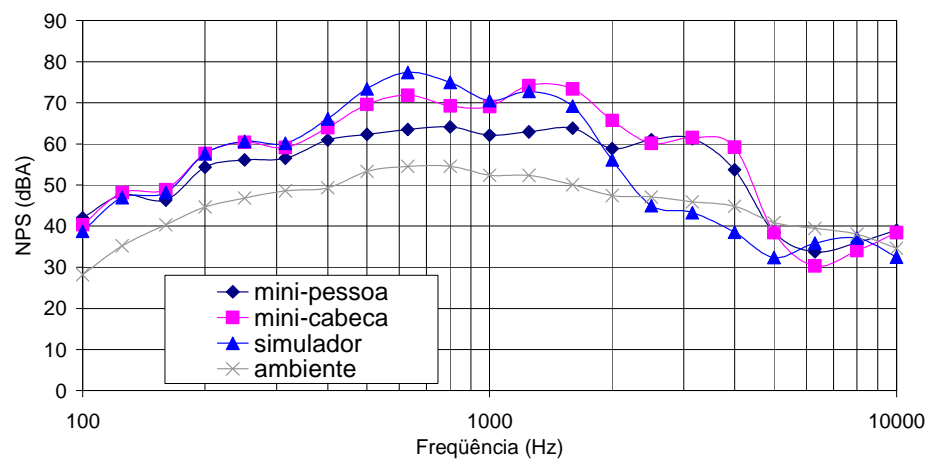
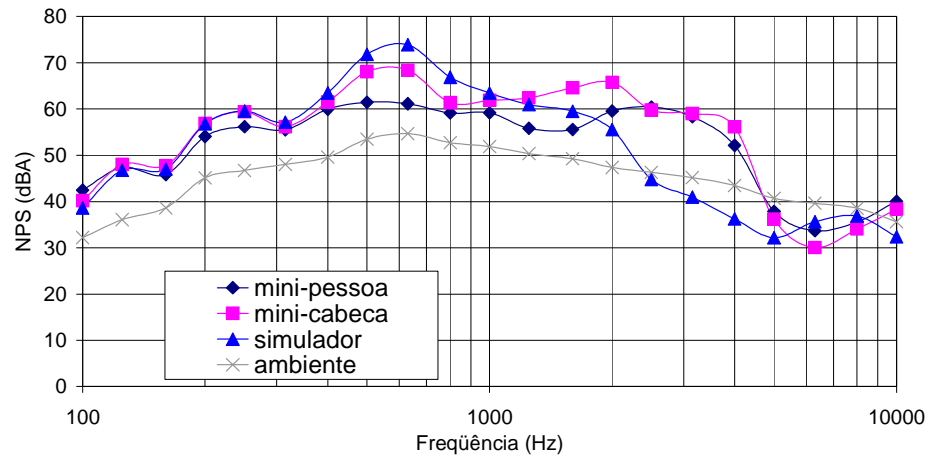




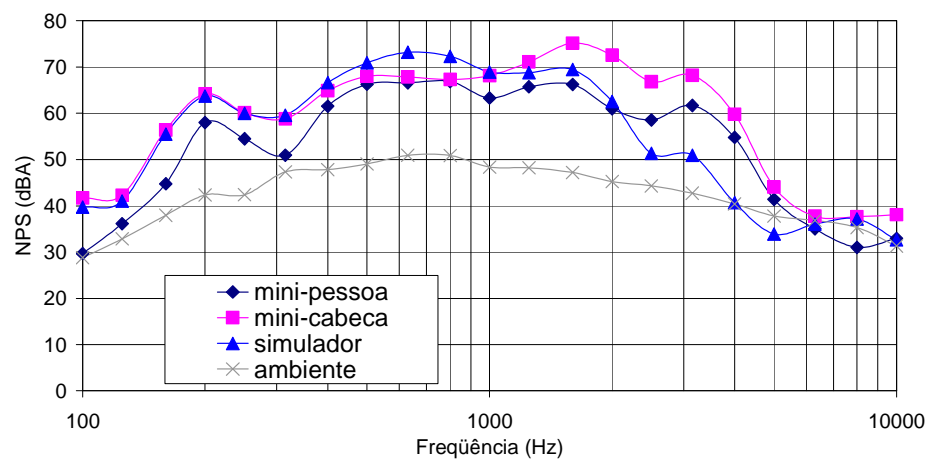
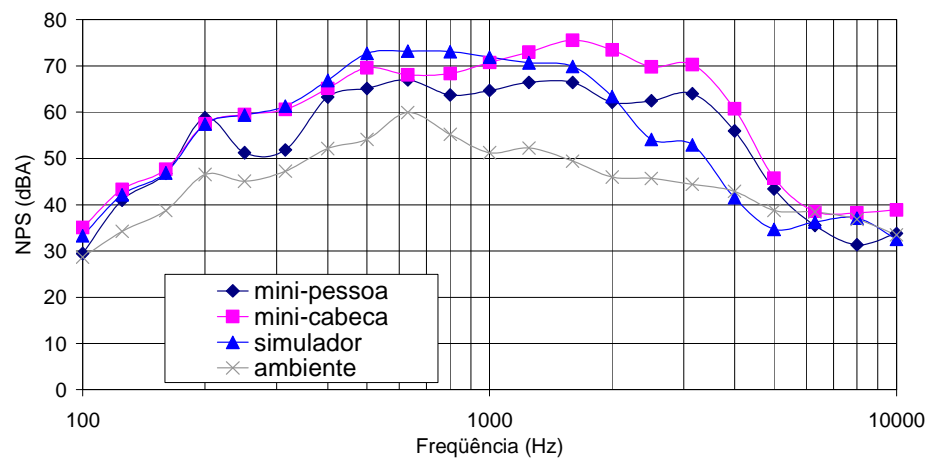
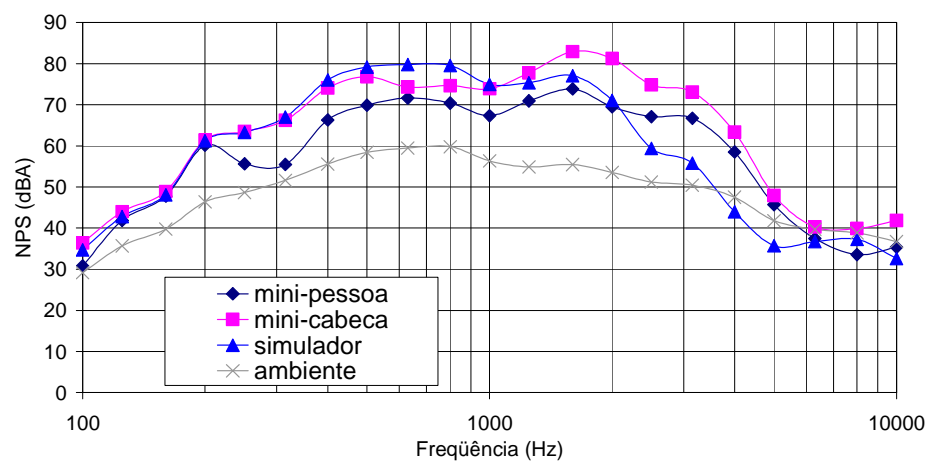
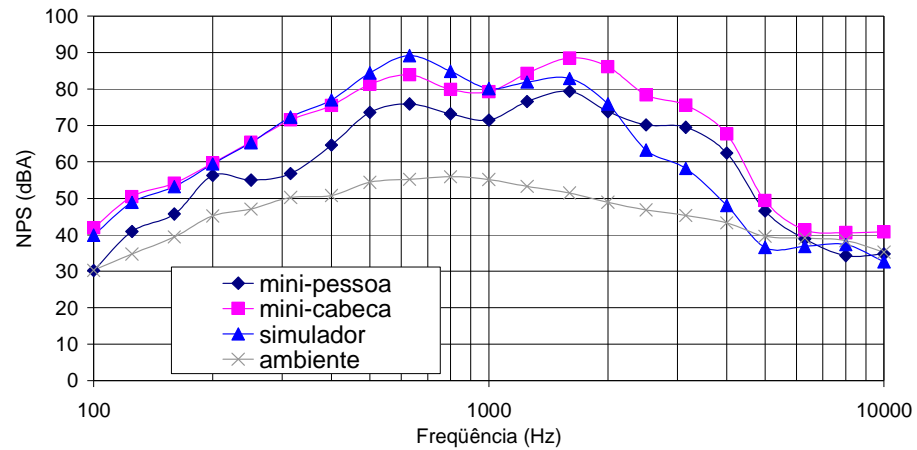
**Setor Ativo – Turno 2 - Indivíduo A – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



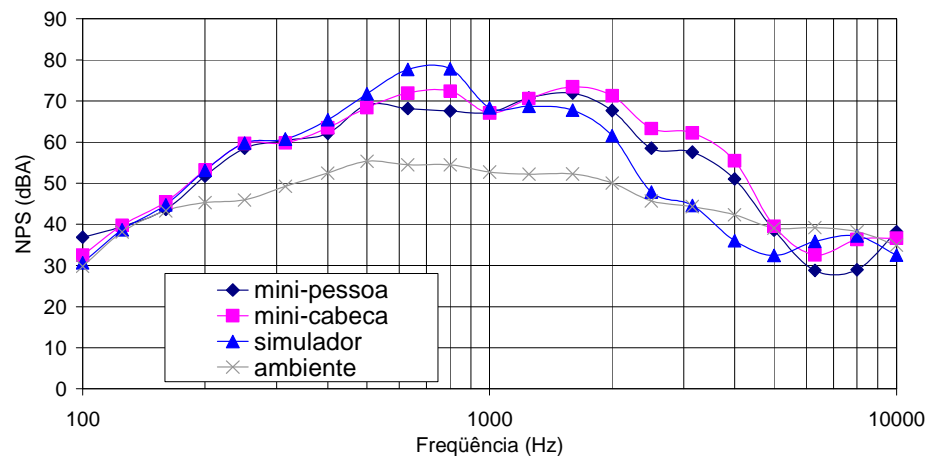
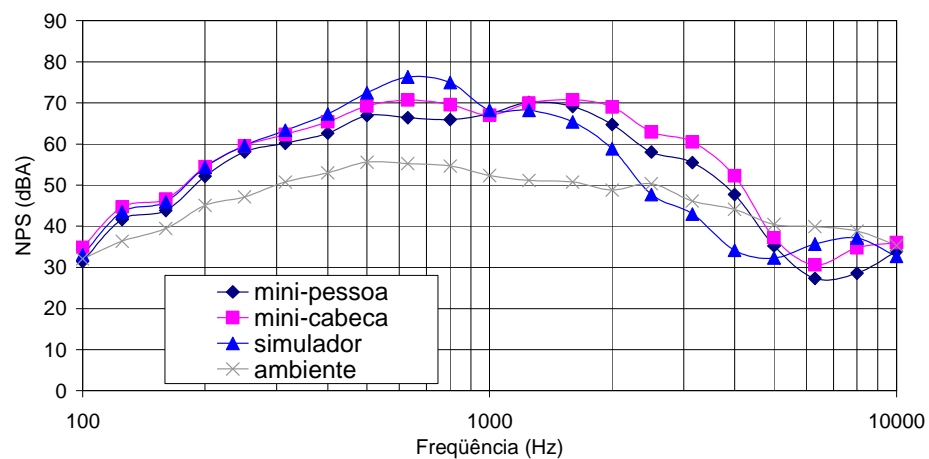
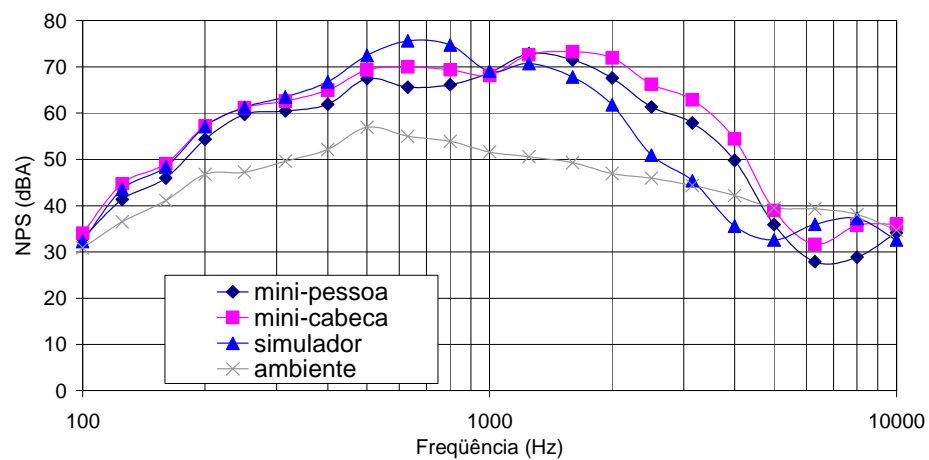
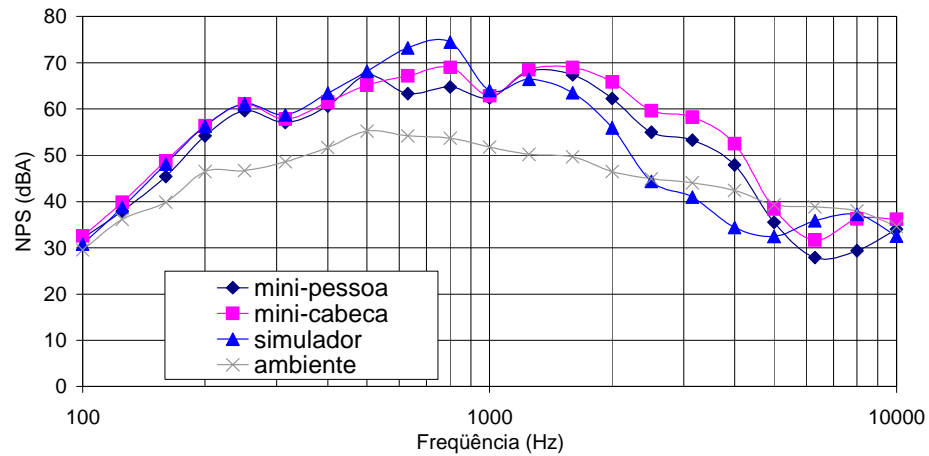
**Setor Ativo – Turno 2 - Indivíduo B – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



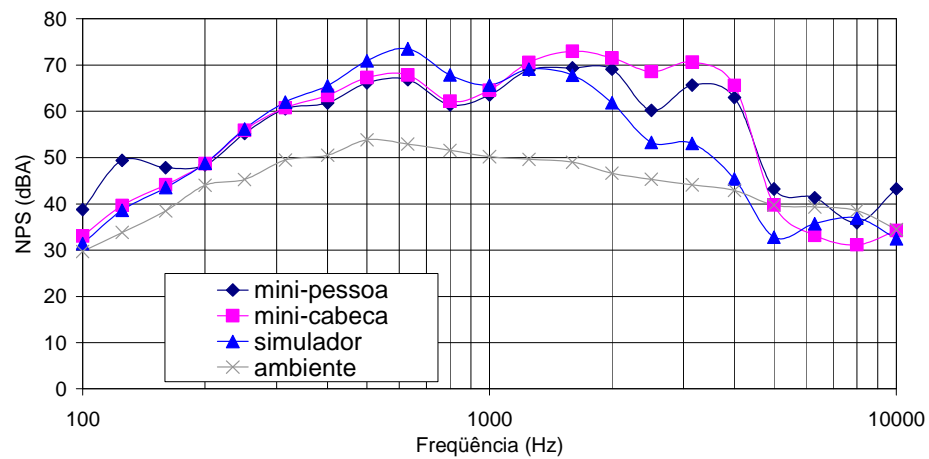
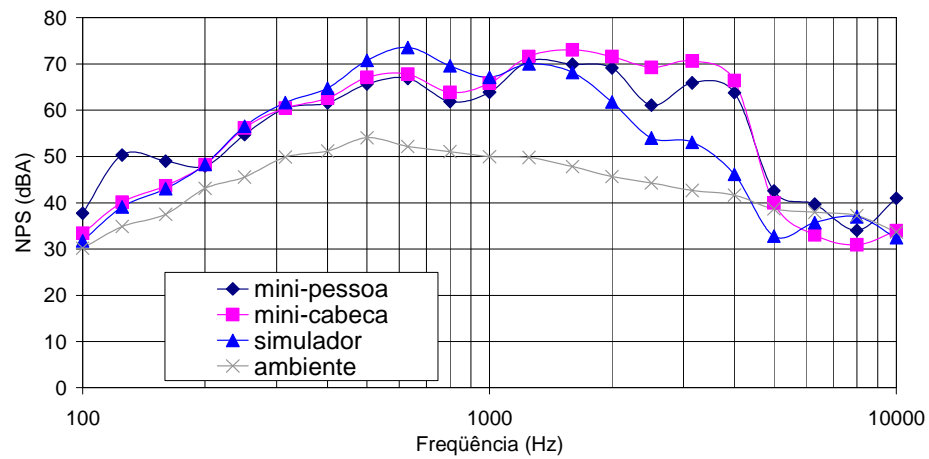
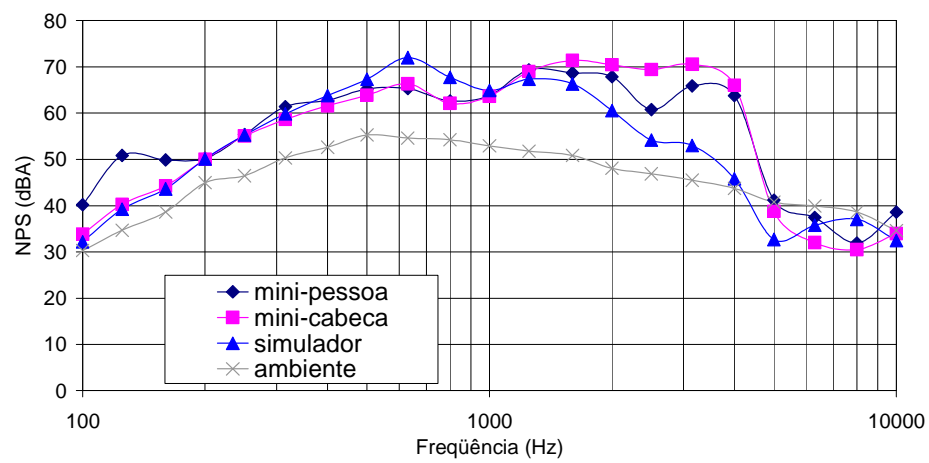
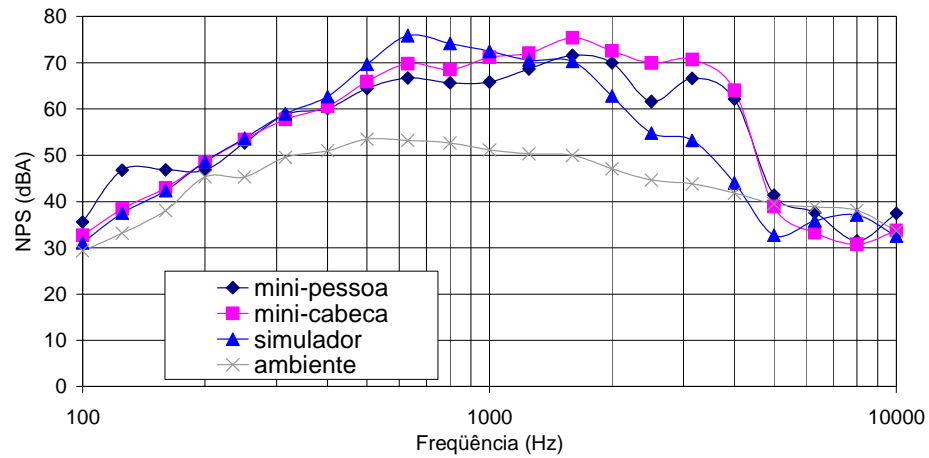
**Setor Ativo – Turno 2 - Indivíduo C – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



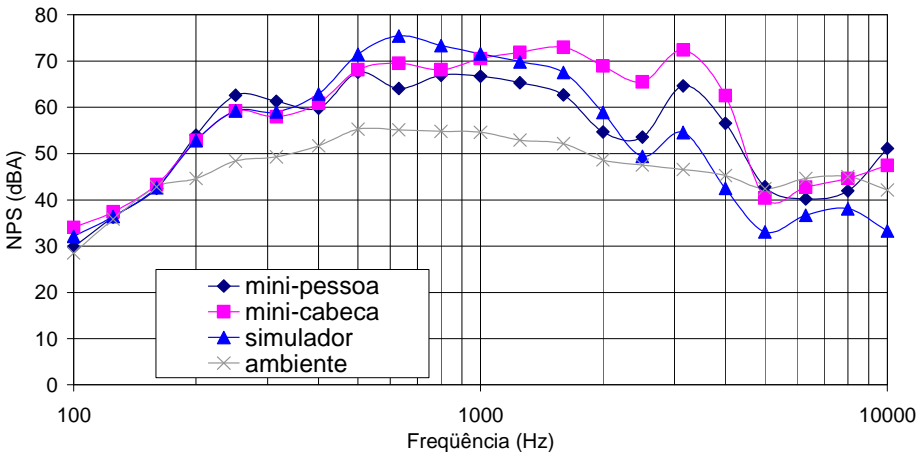
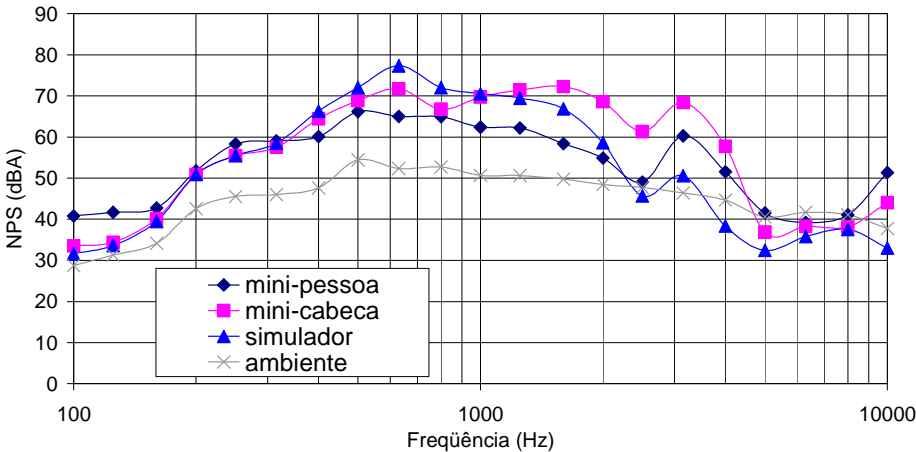
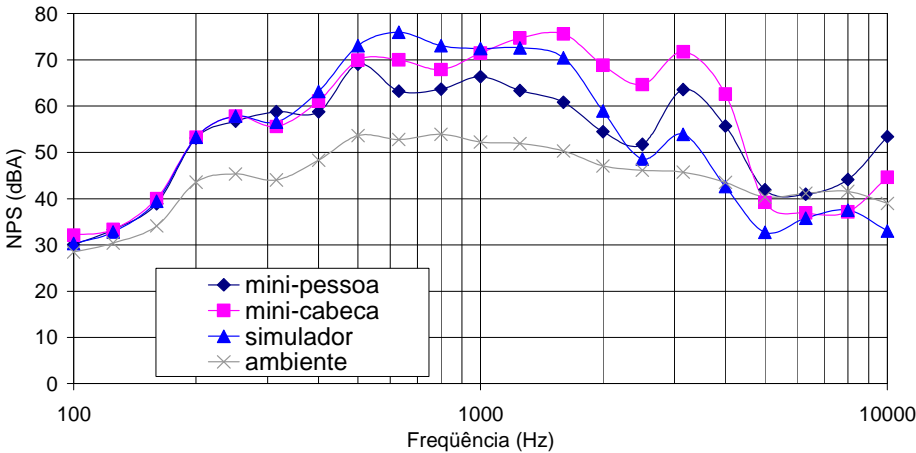
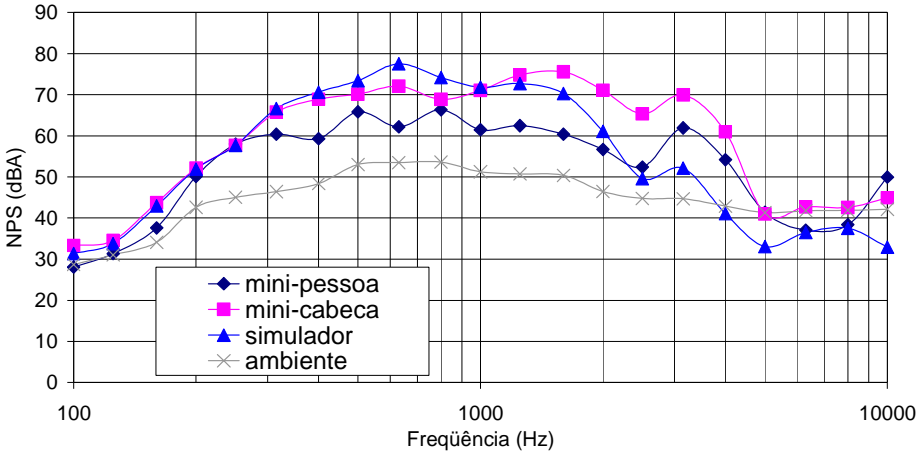
**Setor Ativo – Turno 2 - Indivíduo D – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



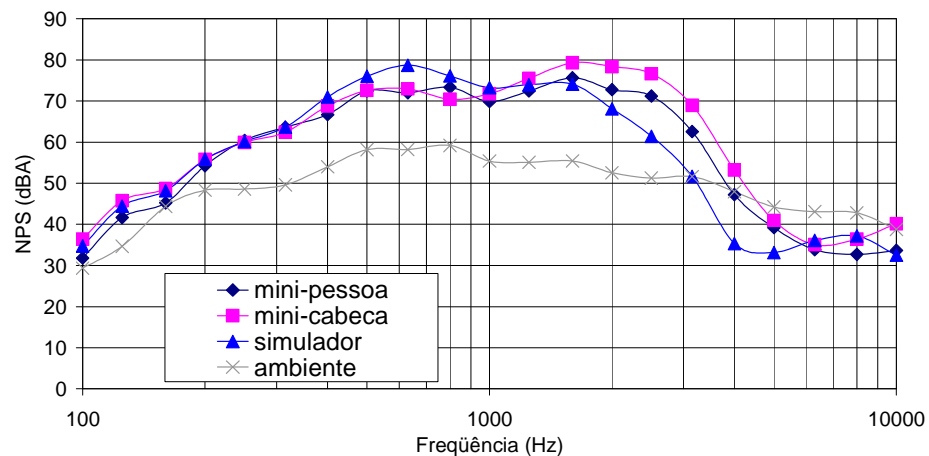
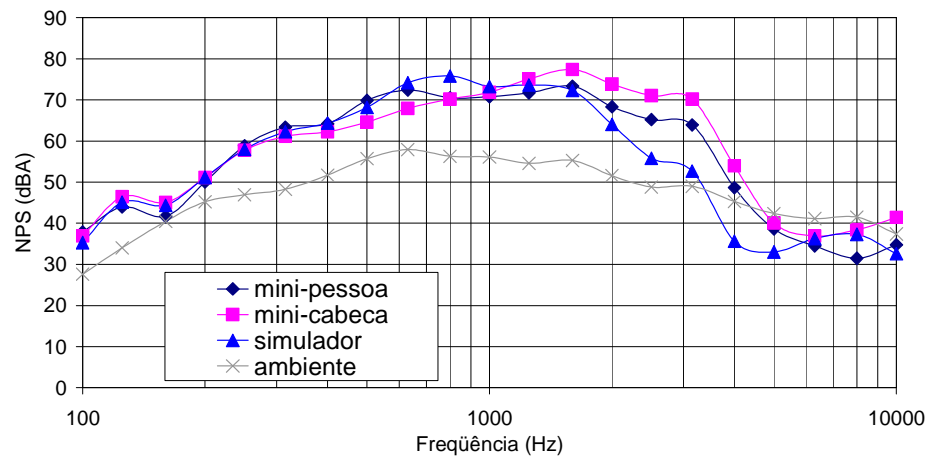
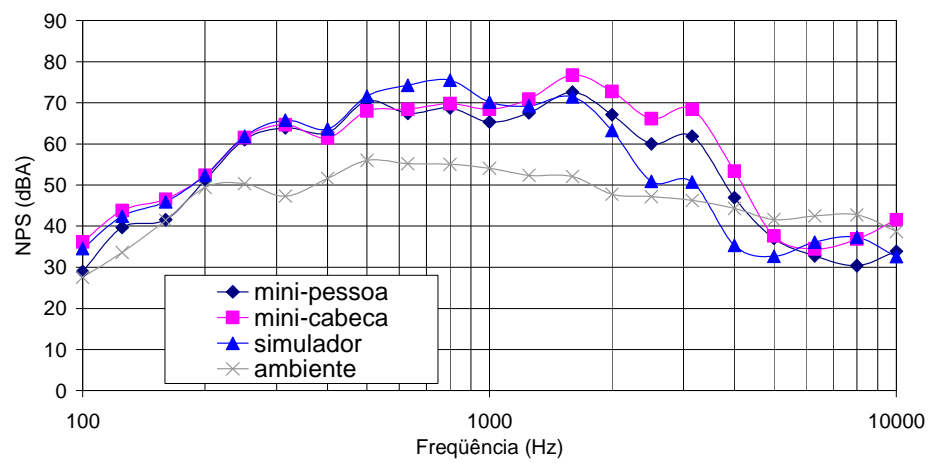
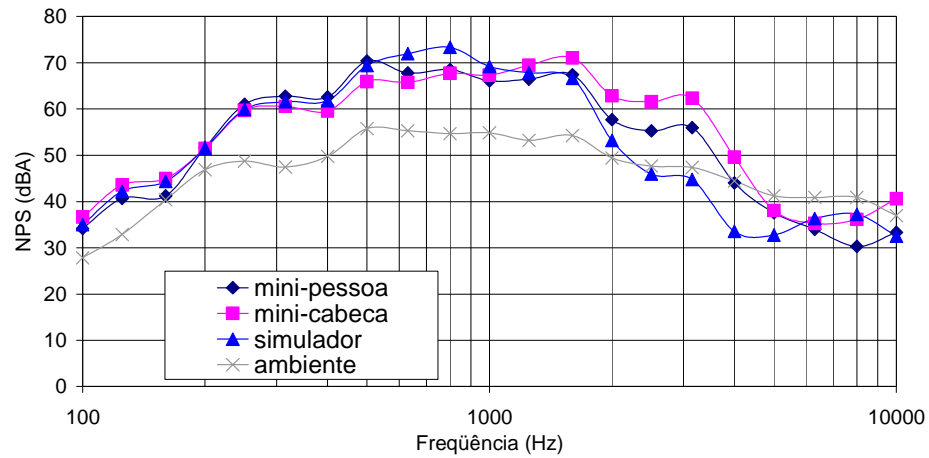
**Setor Ativo – Turno 2 - Indivíduo E – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



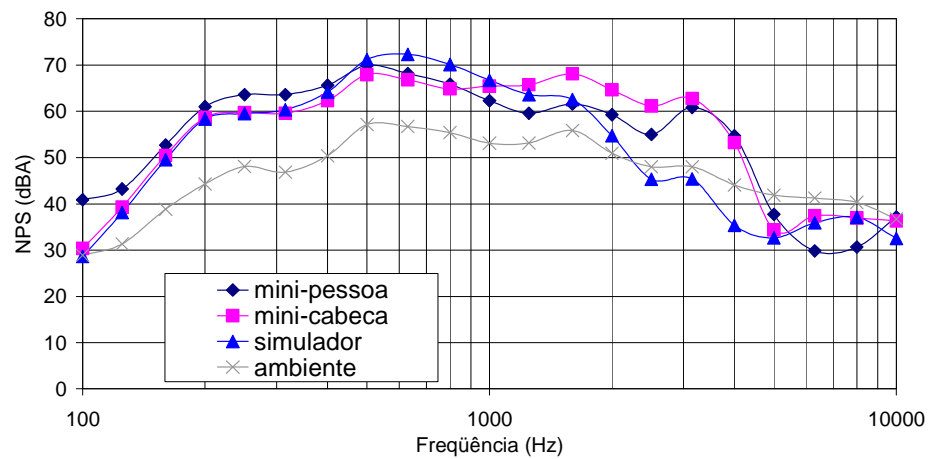
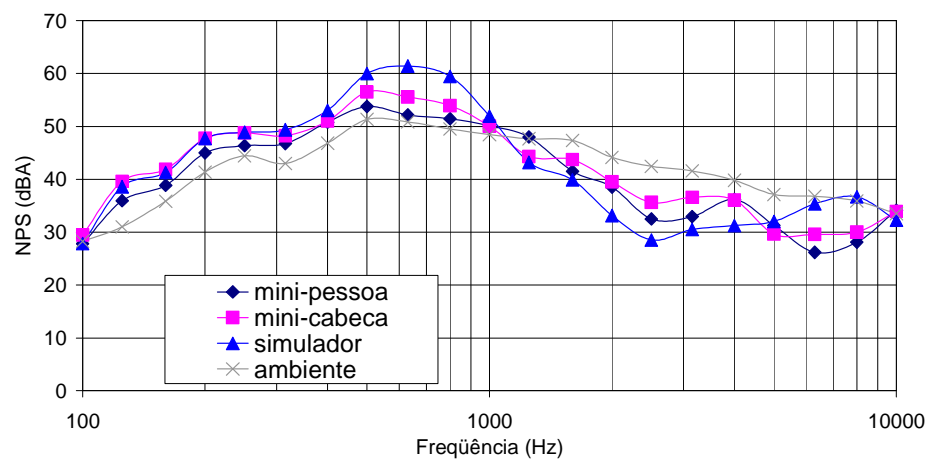
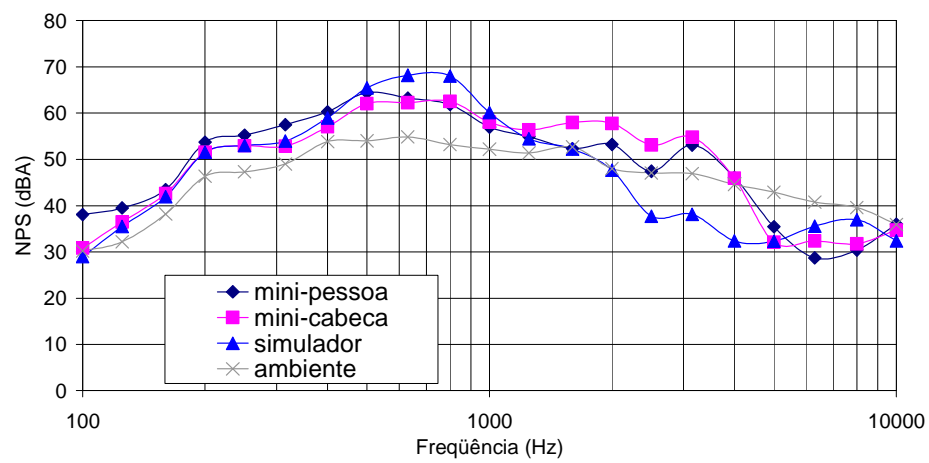
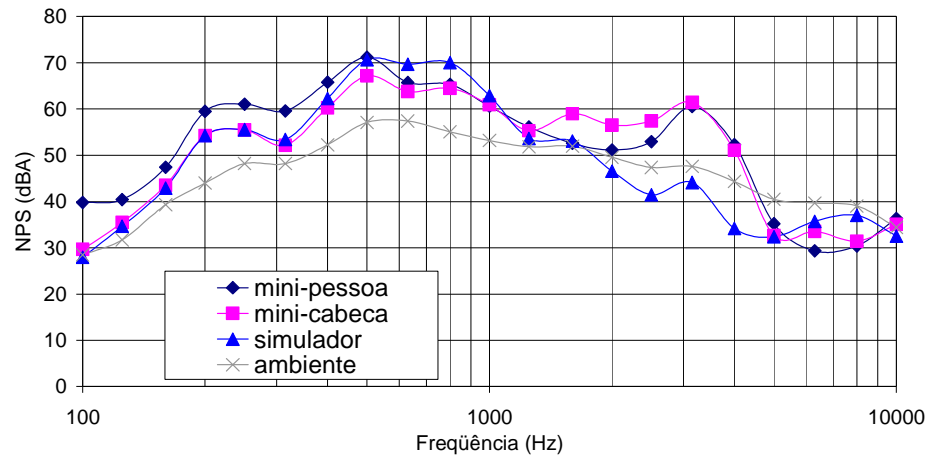
**Setor Ativo – Turno 2 - Indivíduo F – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



**Setor Ativo – Turno 2 - Indivíduo G – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



**Setor Ativo – Turno 2 - Indivíduo H – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**





## **ANEXO 4**

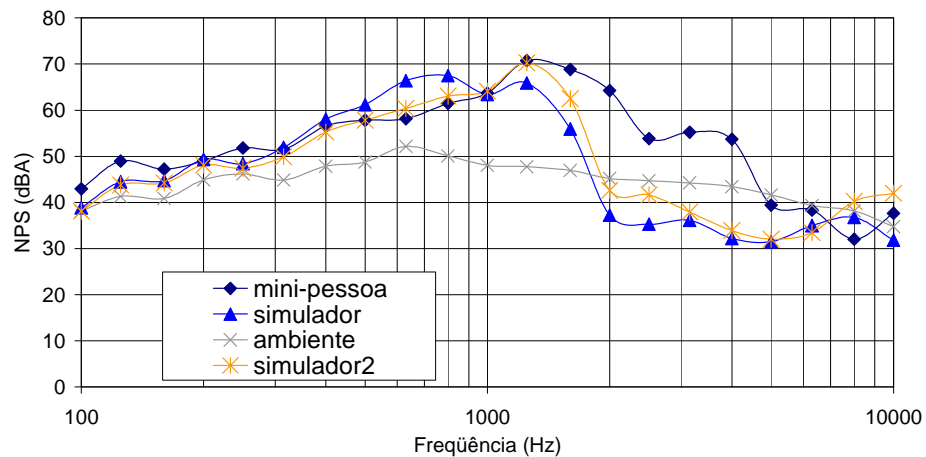
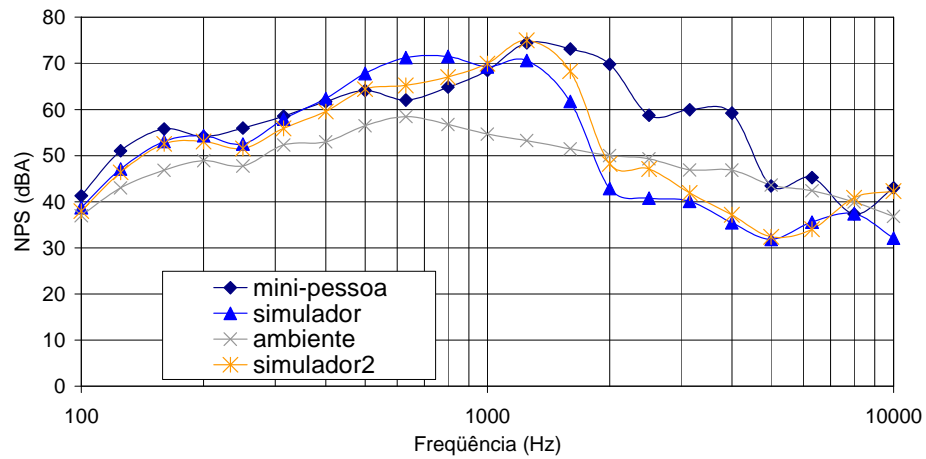
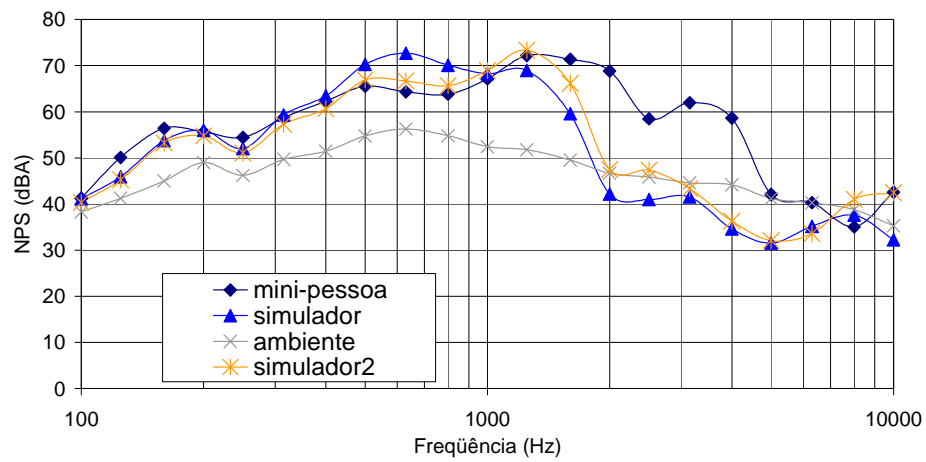
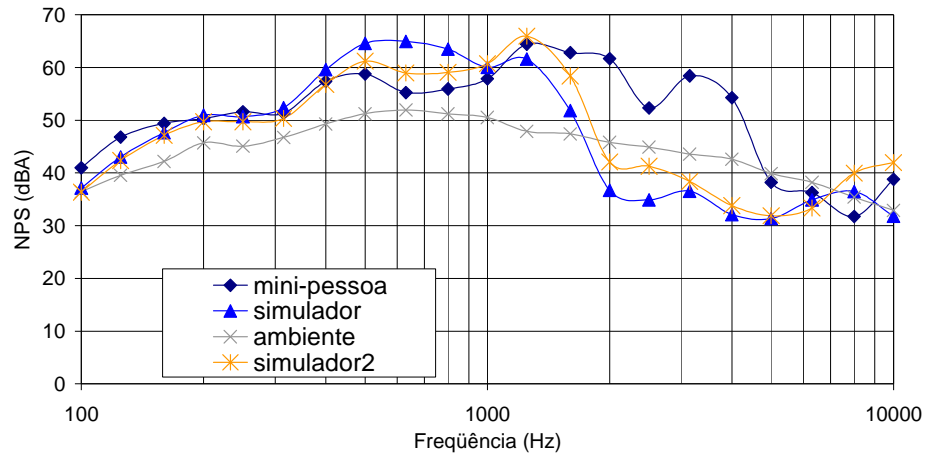
### **Curva de Resposta em Campo Difuso para a Cabeça Utilizada no Estudo**

Freq (Hz)	dB
100	0,76
125	0,69
160	0,51
200	1,24
250	1,47
315	2,53
400	3,80
500	4,88
630	8,01
800	8,44
1.000	4,32
1250	2,13
1600	1,44
2.000	5,14
2500	7,65
3150	10,19
4000	9,80
5000	10,45
6300	9,54
8000	3,04
1.0000	0,31

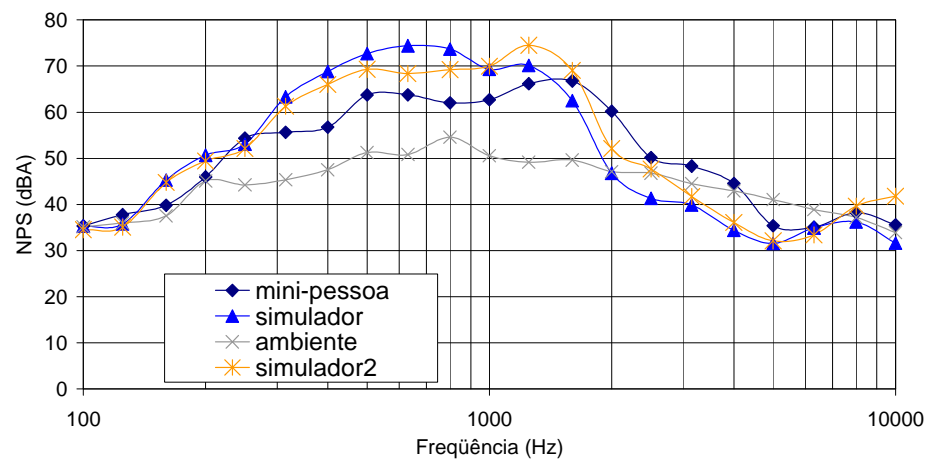
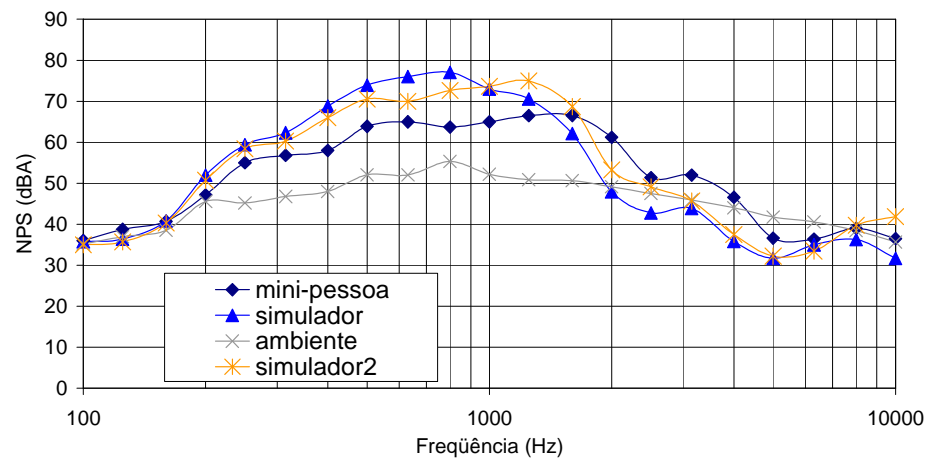
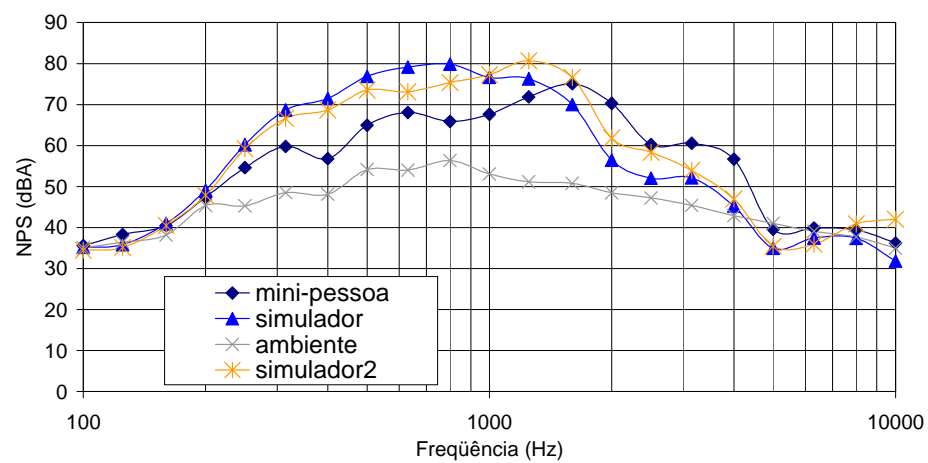
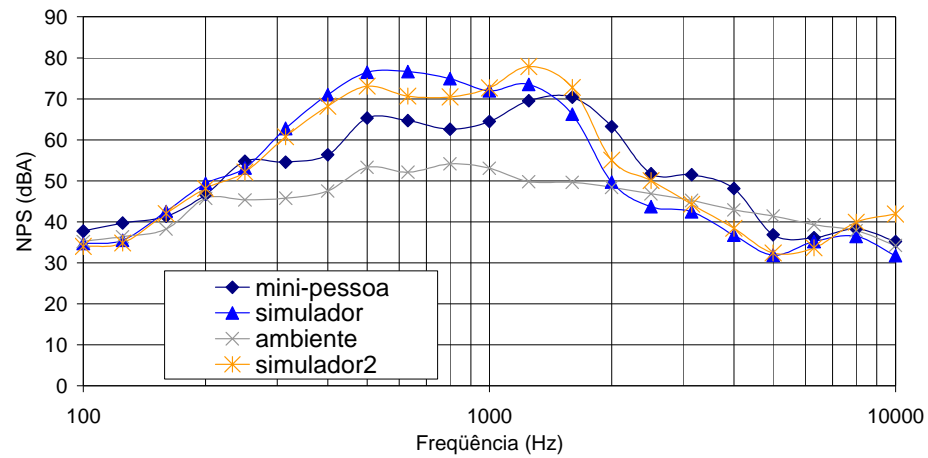
## **ANEXO 5**

**Resultados das Medições dos 32 Indivíduos da Amostra, com a Curva de Resposta em Campo Difuso para a Cabeça Utilizada no Estudo (Curva de Correção da Resposta para Frequências em Campo Difuso, para o Manequim, Realizada por nós em Câmara Reverberante)**

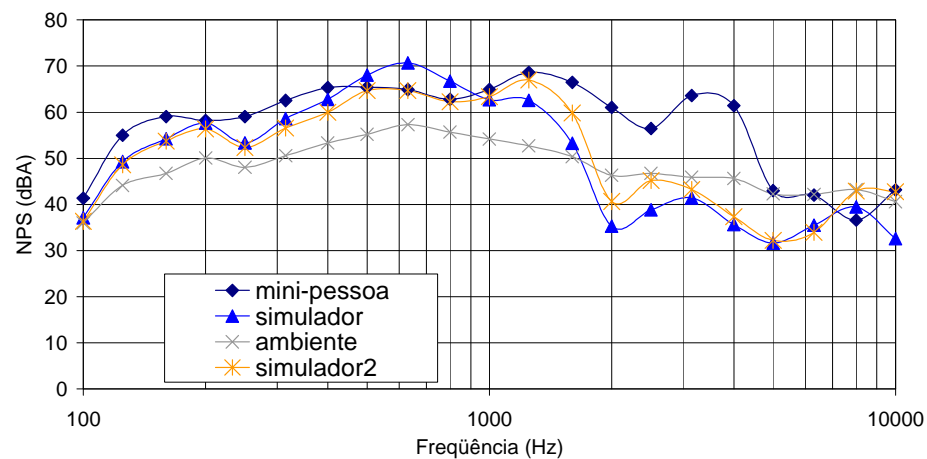
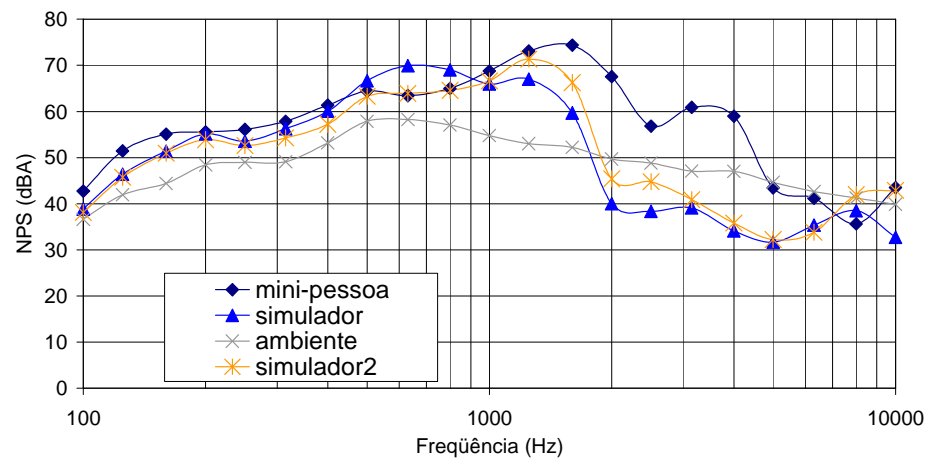
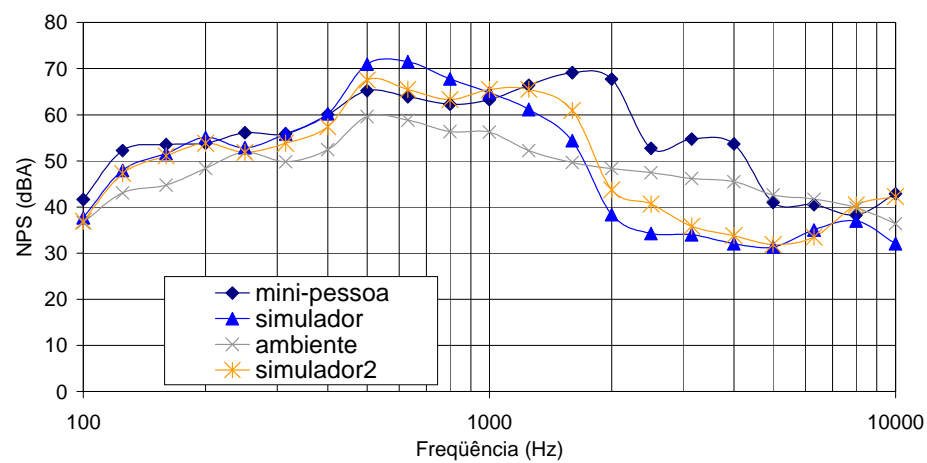
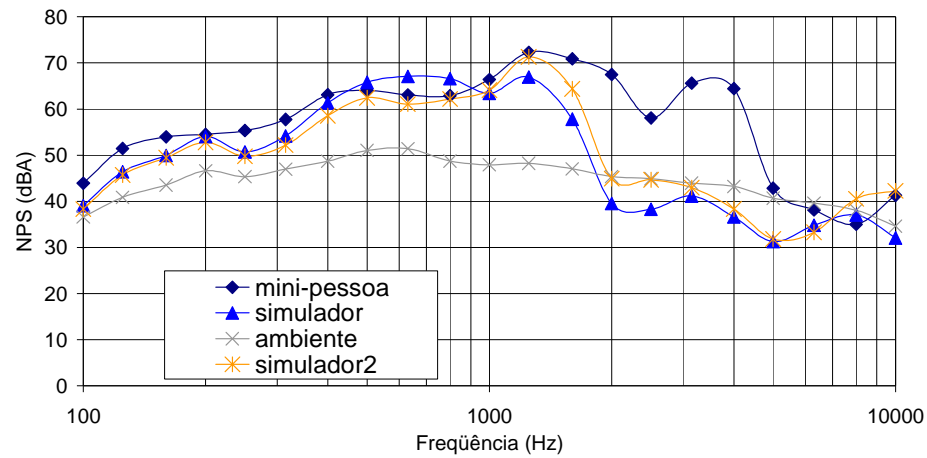
**Setor Receptivo – Turno 1 - Indivíduo A – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



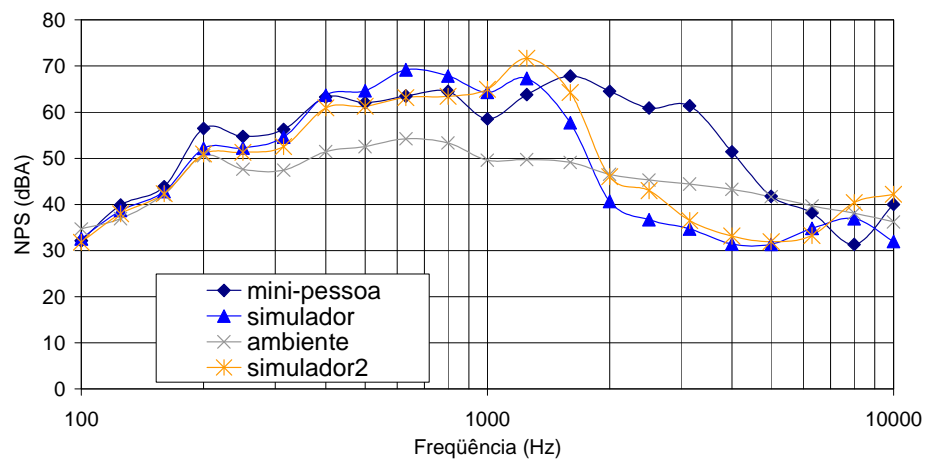
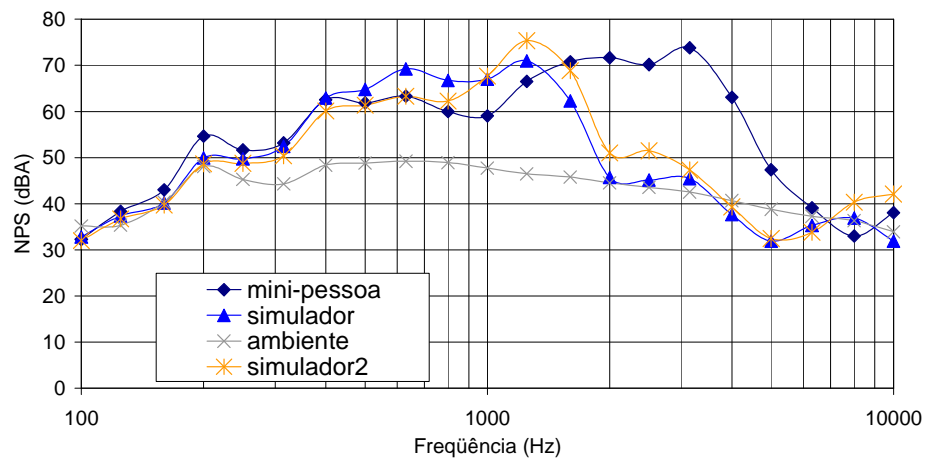
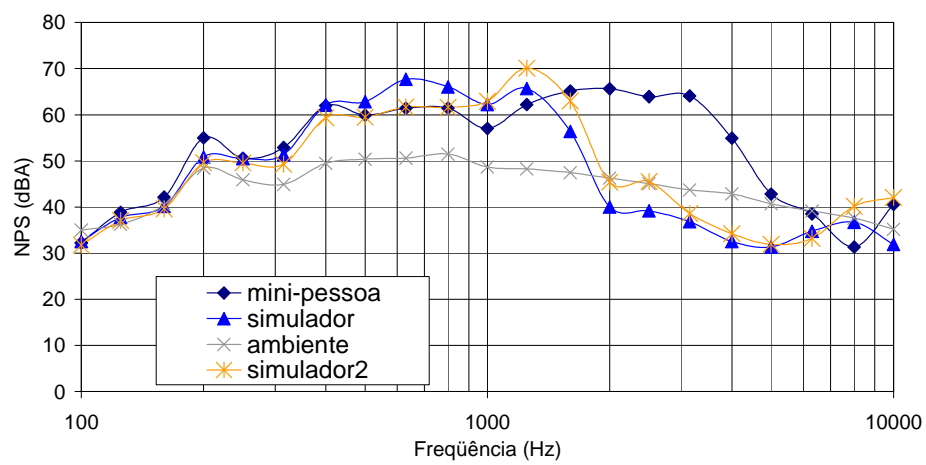
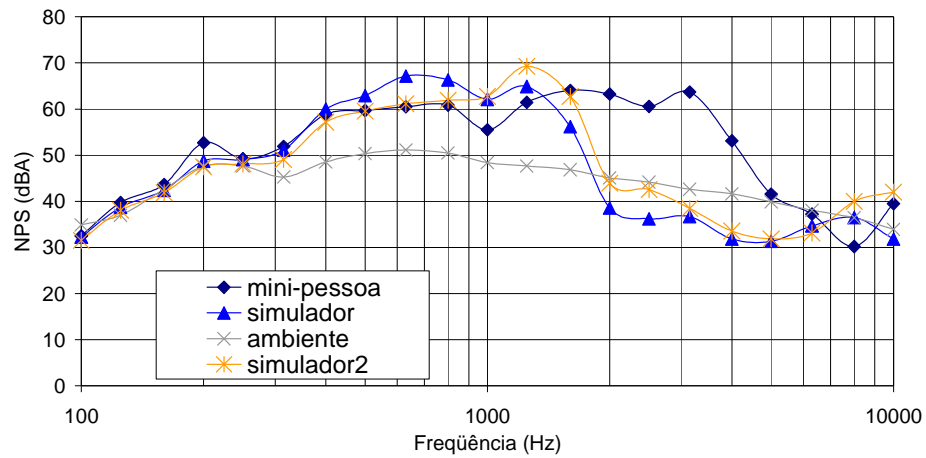
**Setor Receptivo – Turno 1 - Indivíduo B – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



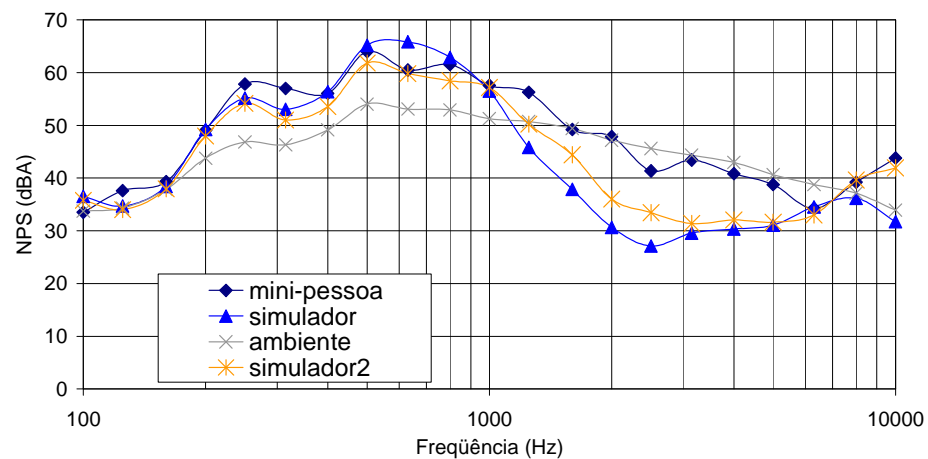
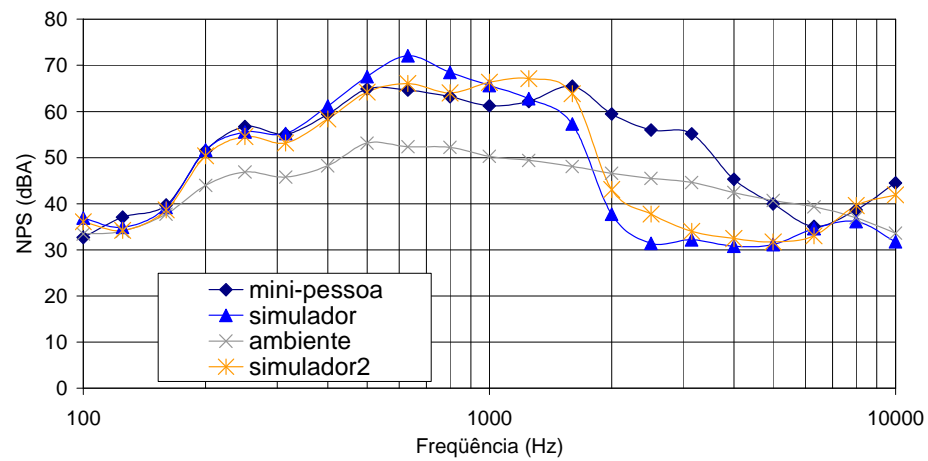
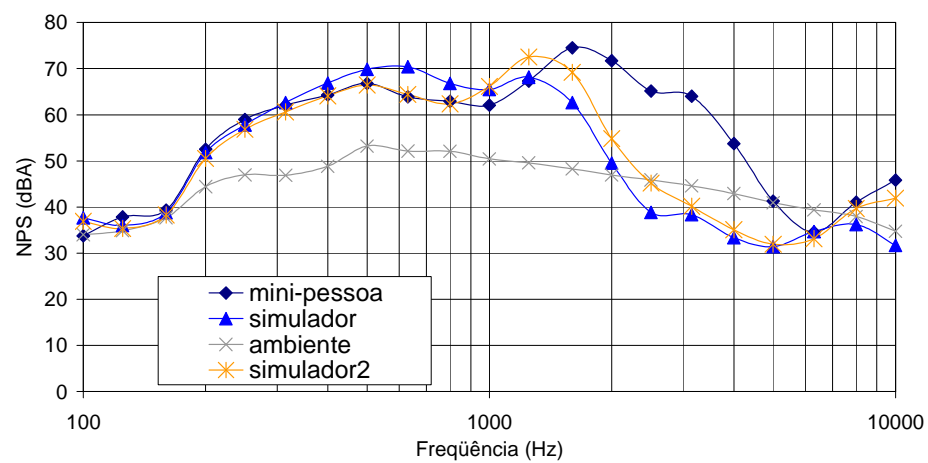
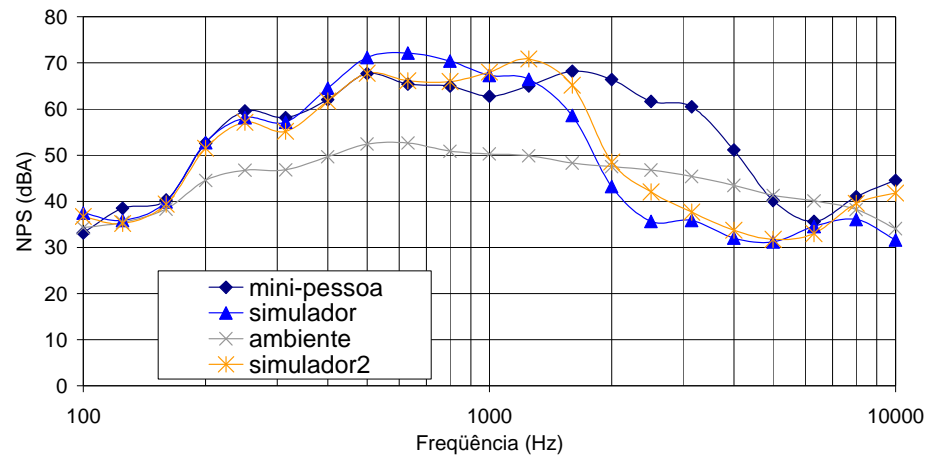
**Setor Receptivo – Turno 1 - Indivíduo C – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



**Setor Receptivo – Turno 1 - Indivíduo D – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**

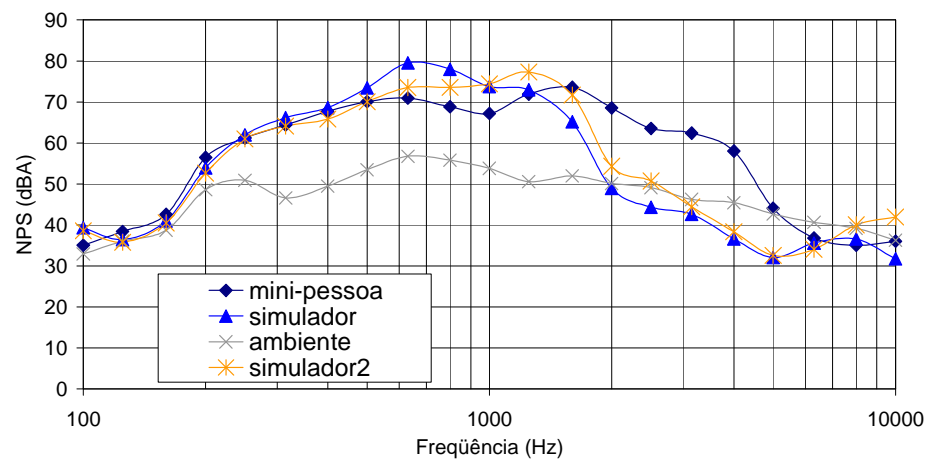
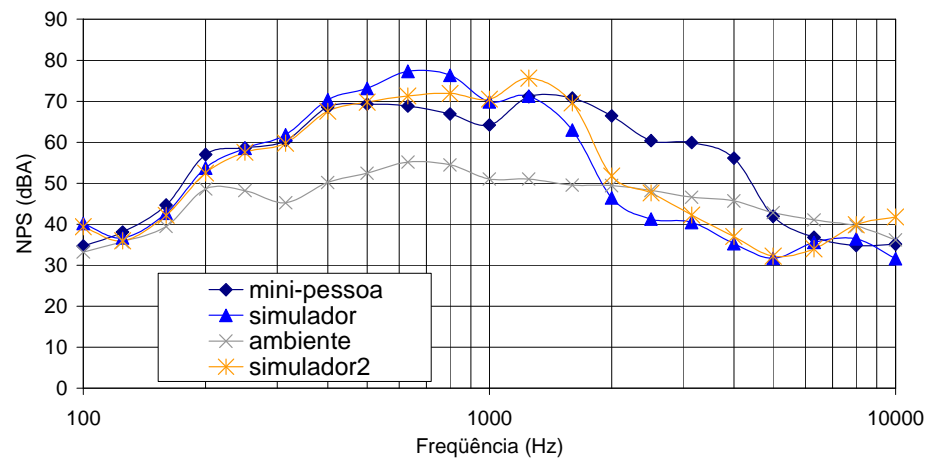
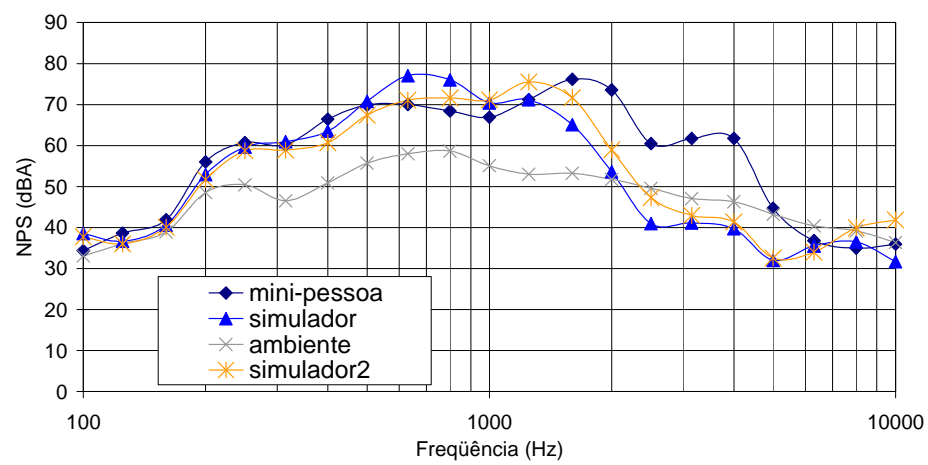
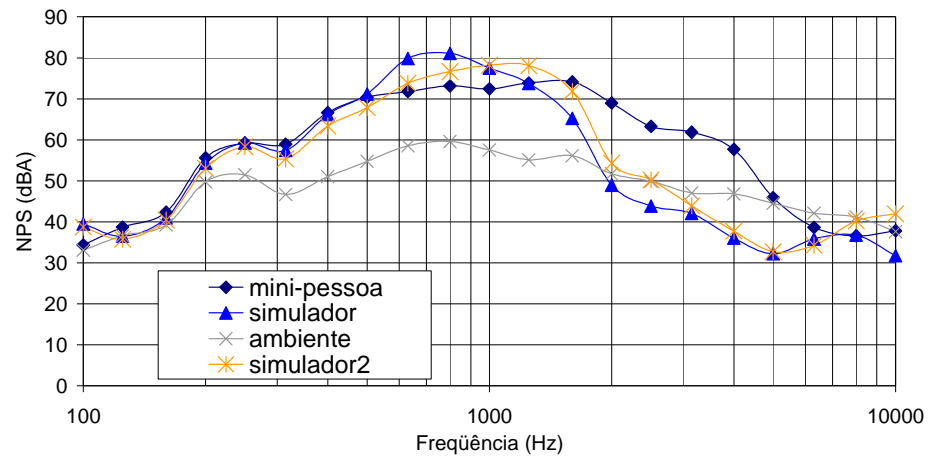


**Setor Receptivo – Turno 1 - Indivíduo E – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**

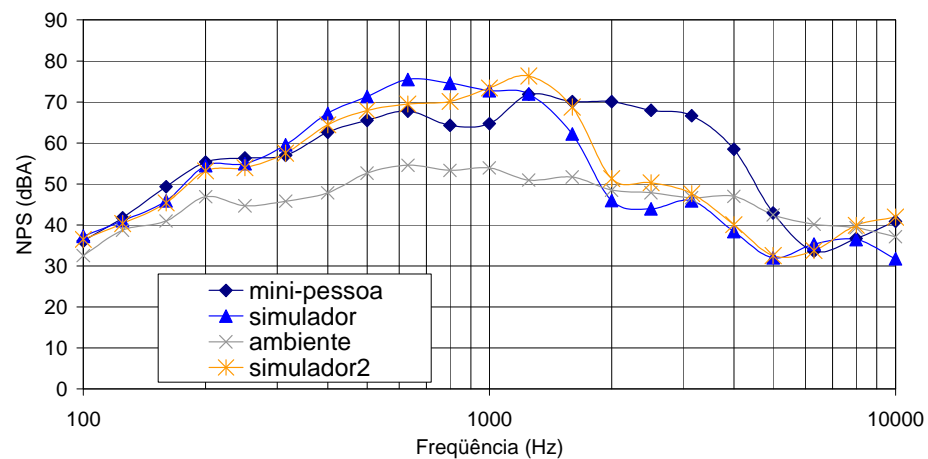
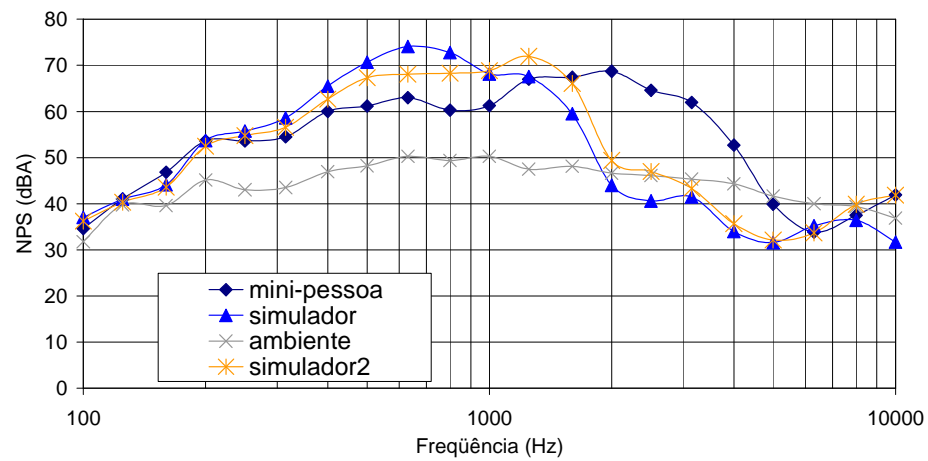
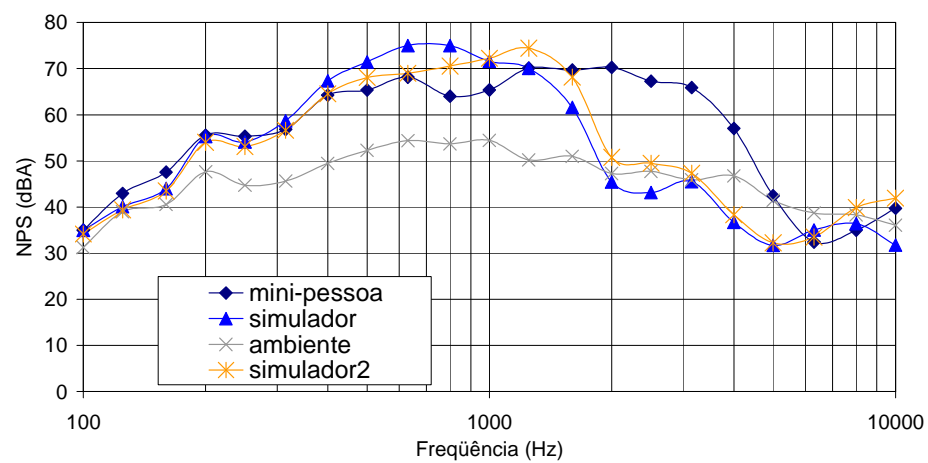
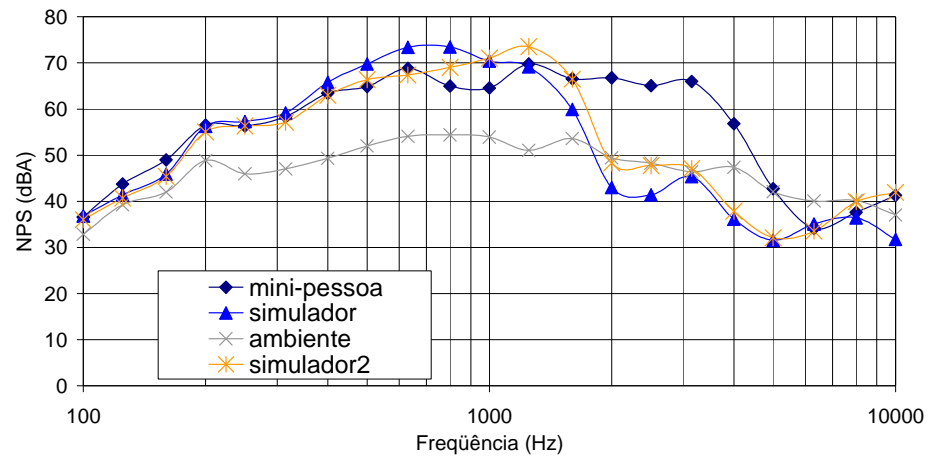




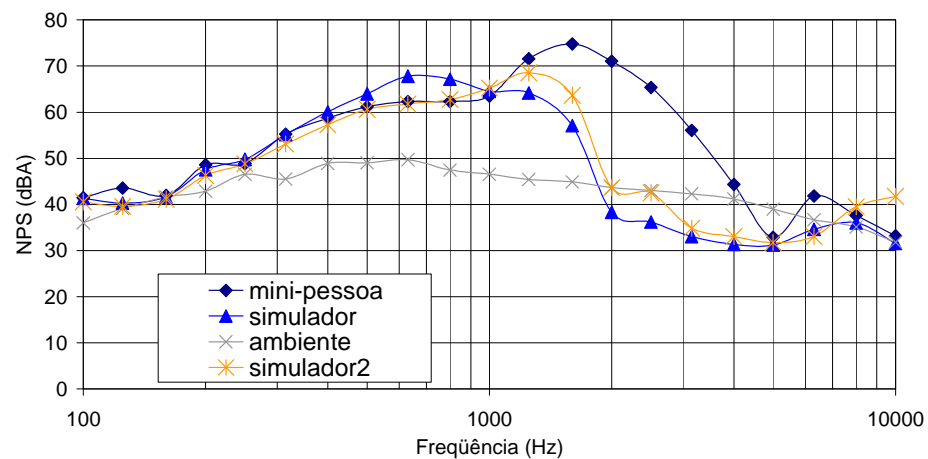
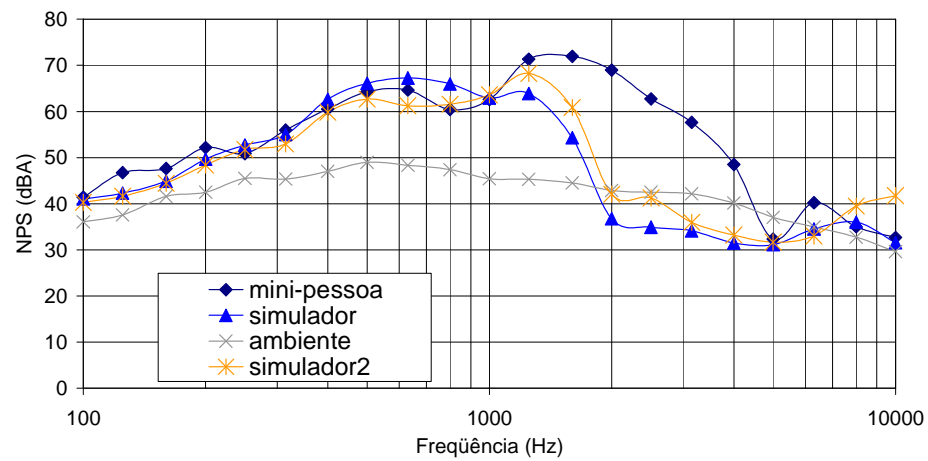
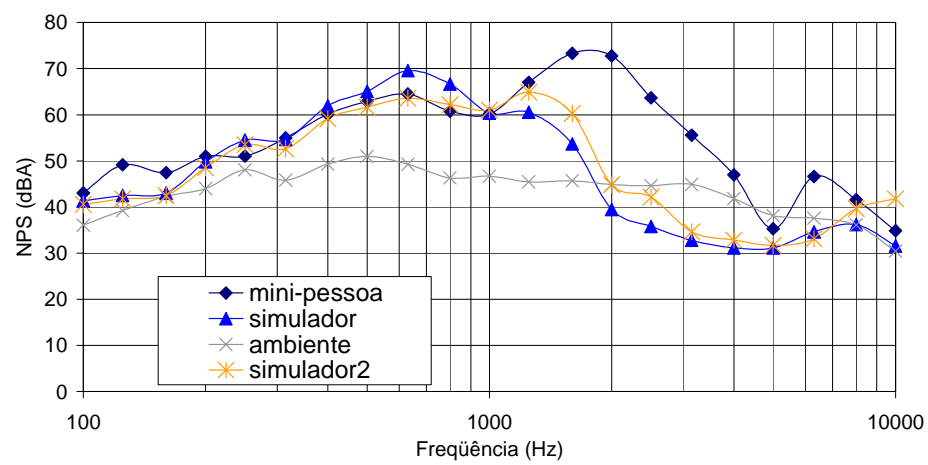
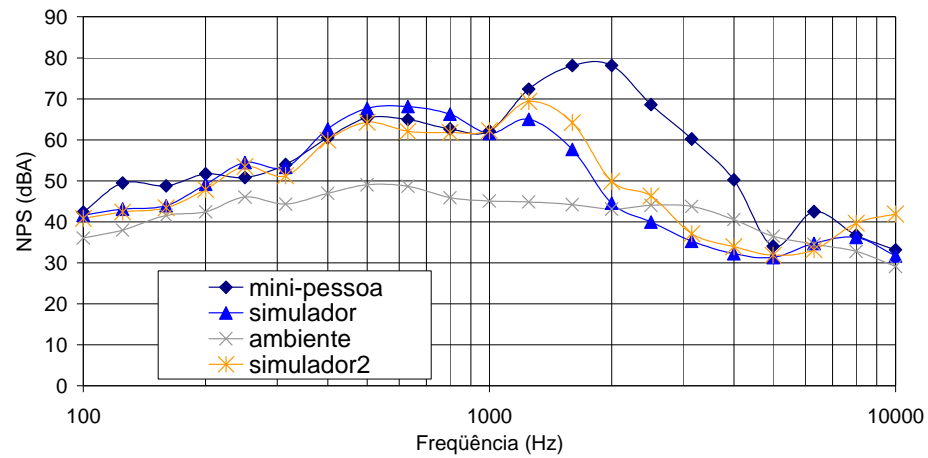
**Setor Receptivo – Turno 1 - Indivíduo F – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



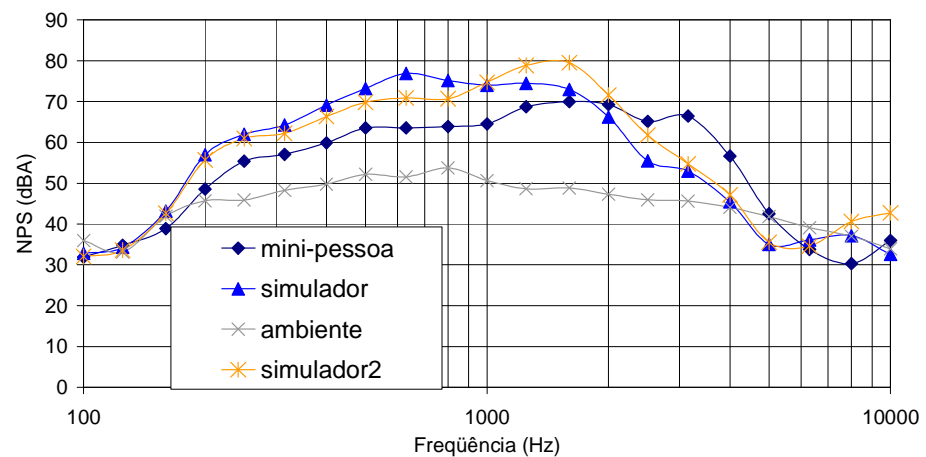
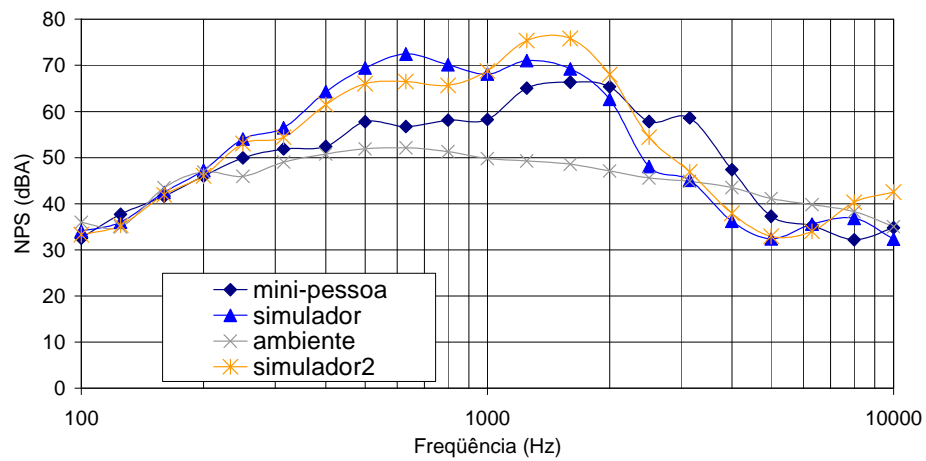
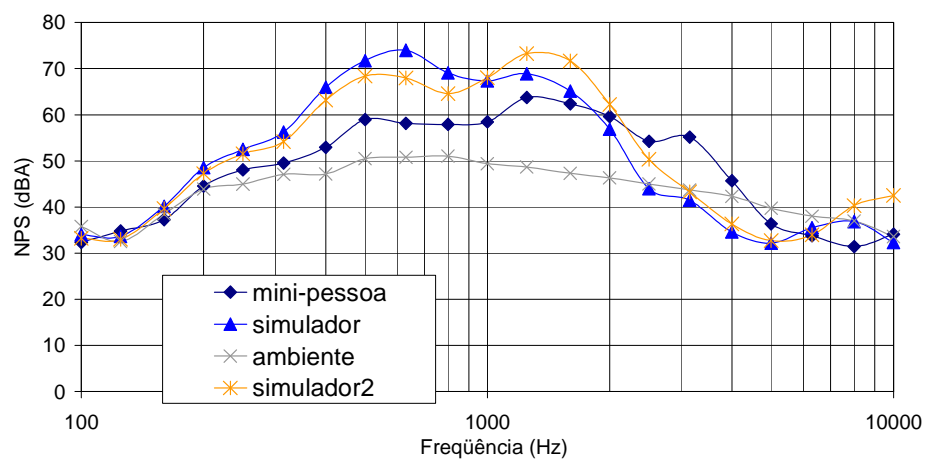
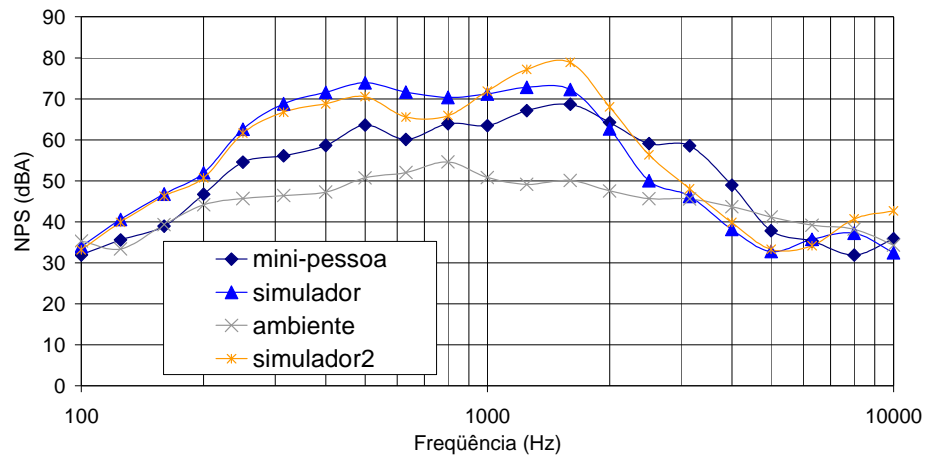
**Setor Receptivo – Turno 1 - Indivíduo G – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



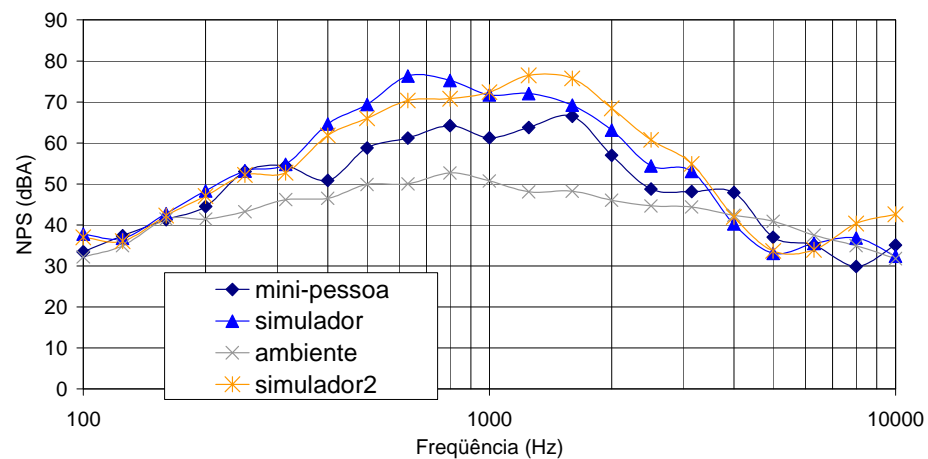
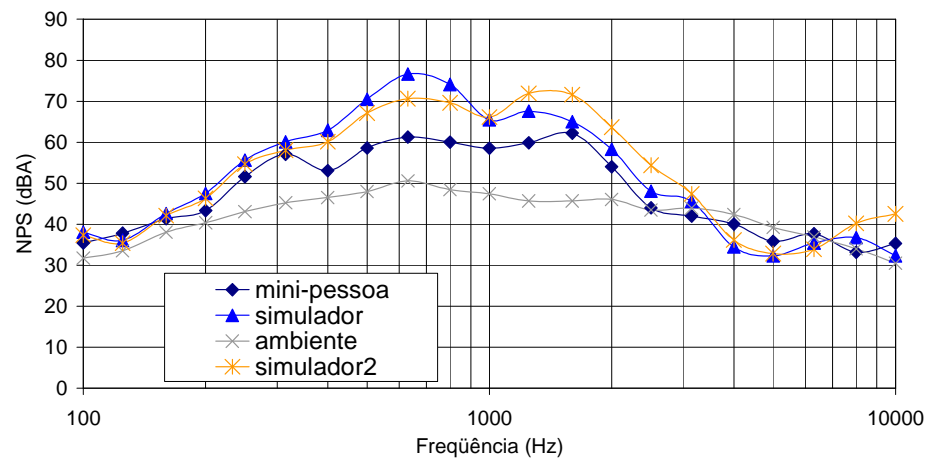
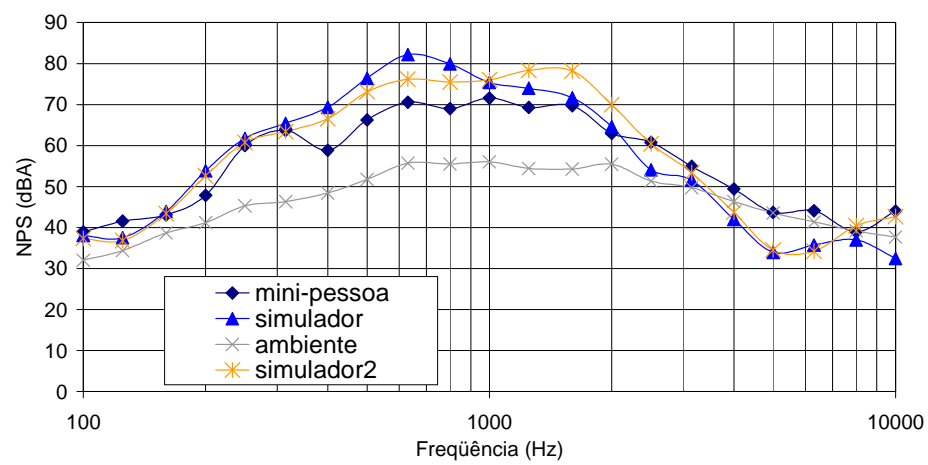
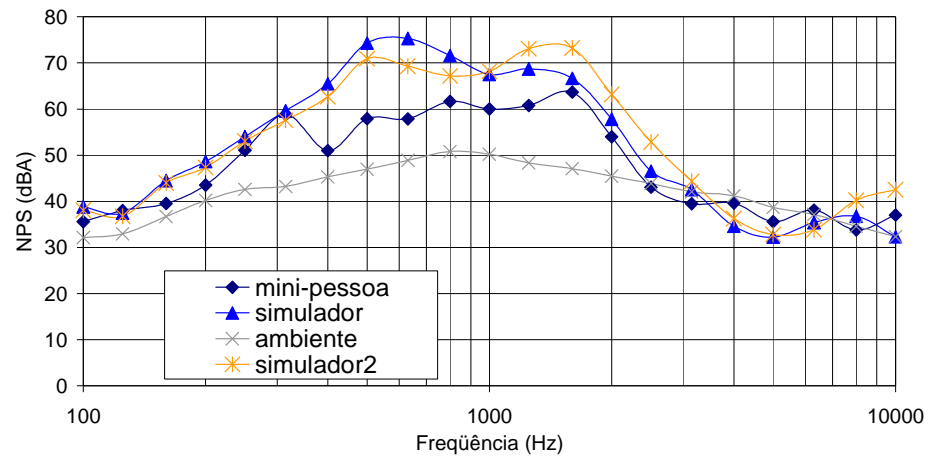
**Setor Receptivo – Turno 1 - Indivíduo H – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



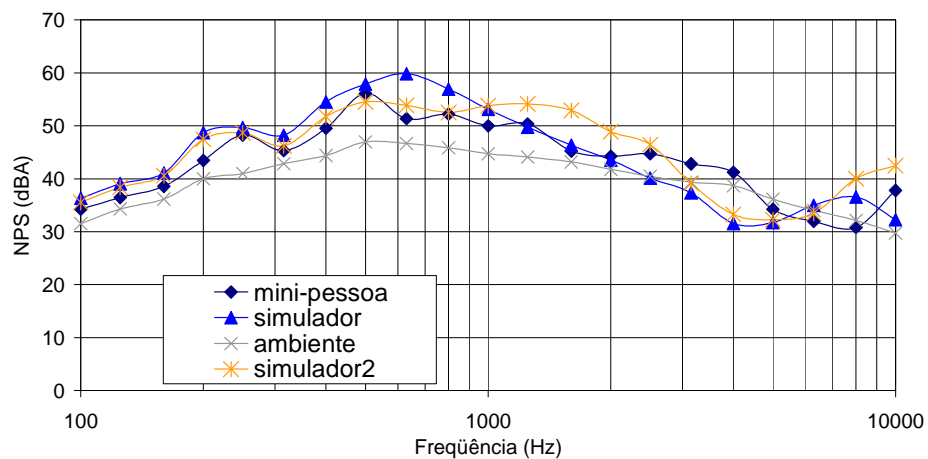
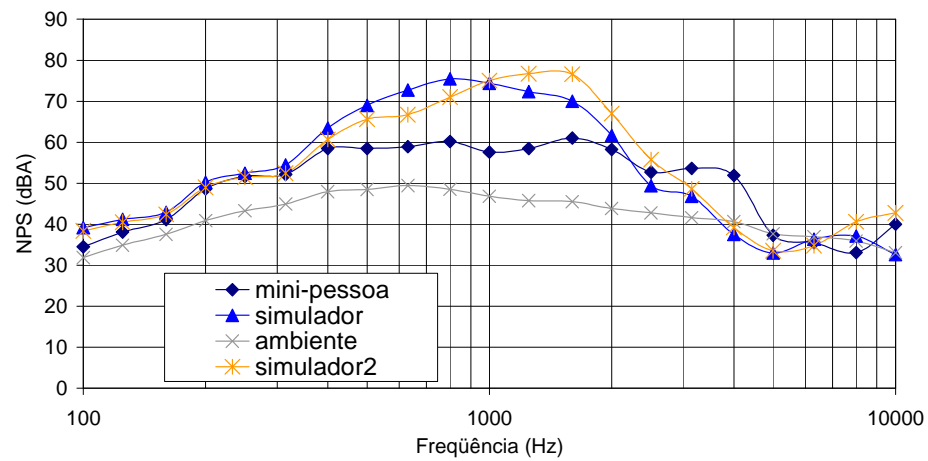
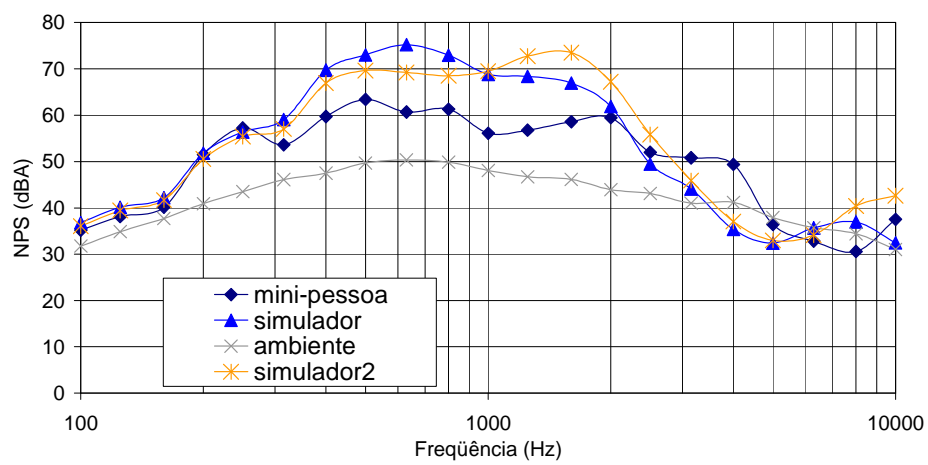
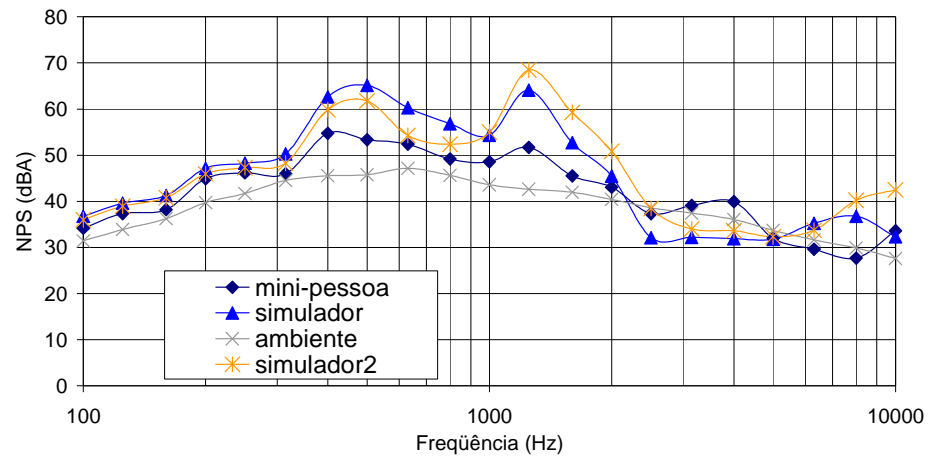
**Setor Receptivo – Turno 2 - Indivíduo A – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



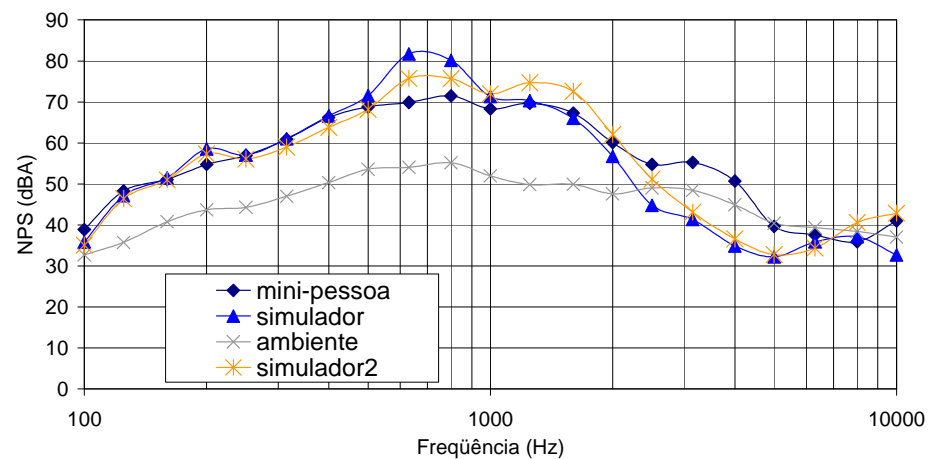
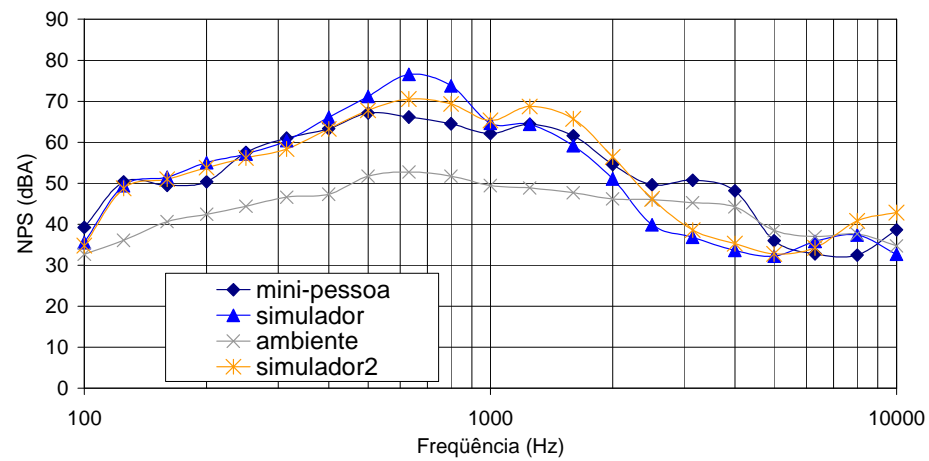
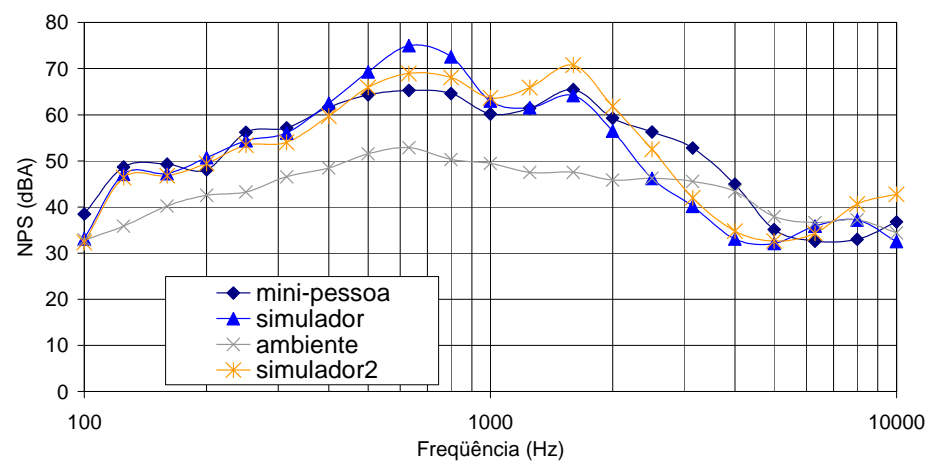
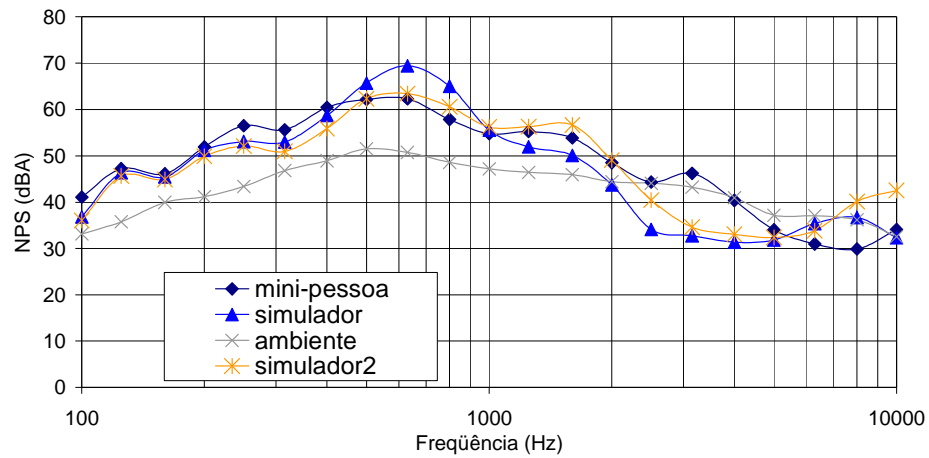
**Setor Receptivo – Turno 2 - Indivíduo B – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



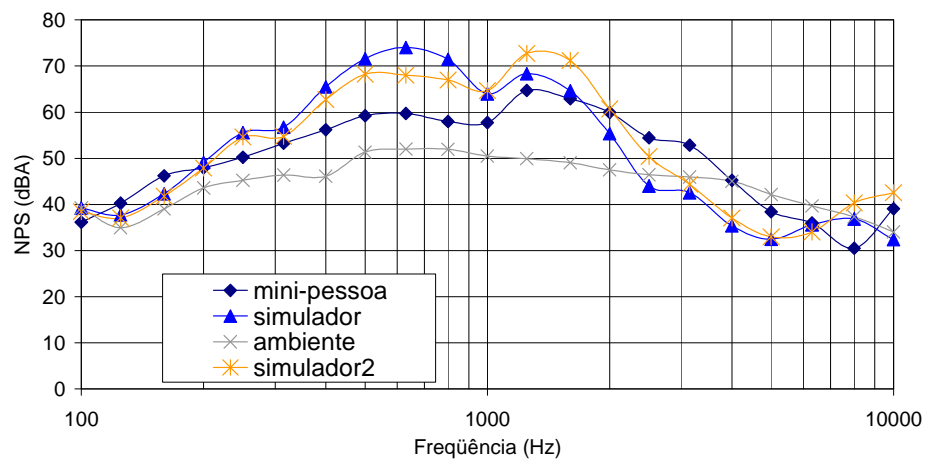
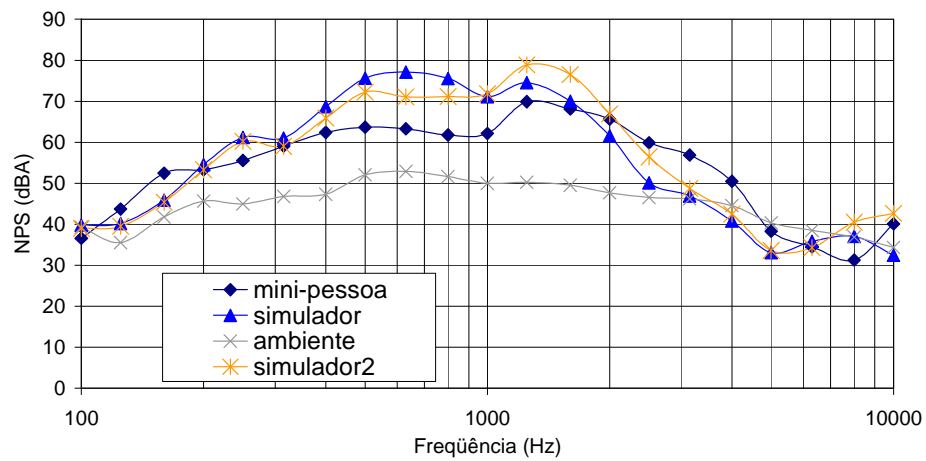
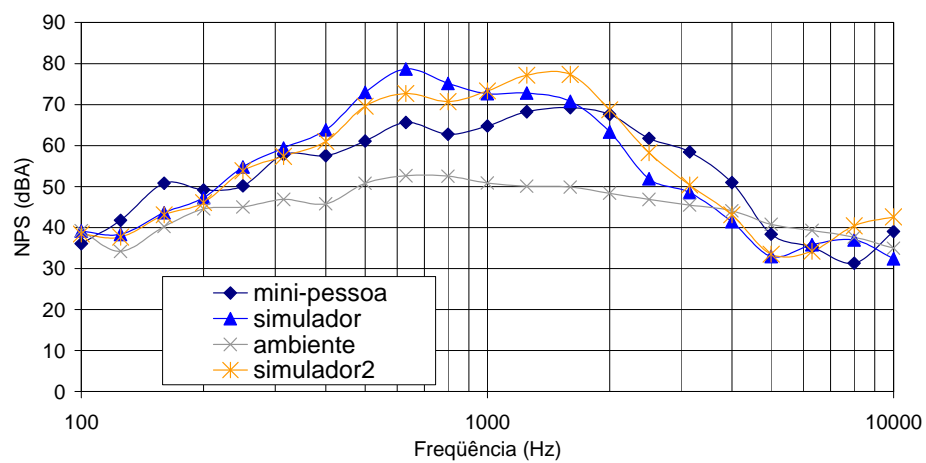
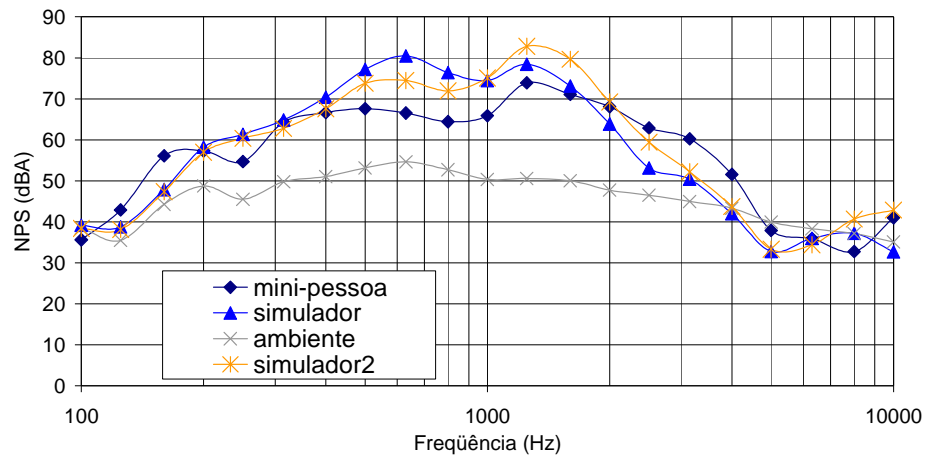
**Setor Receptivo – Turno 2 - Indivíduo C – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



**Setor Receptivo – Turno 2 - Indivíduo D – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**

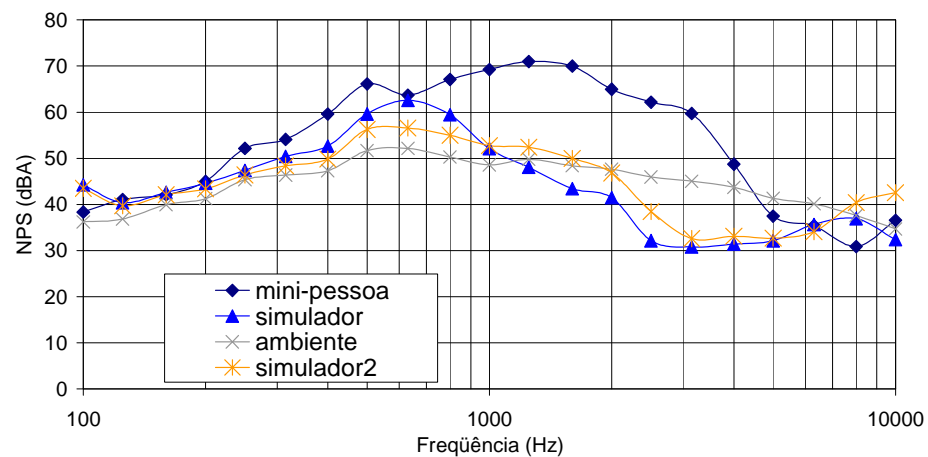
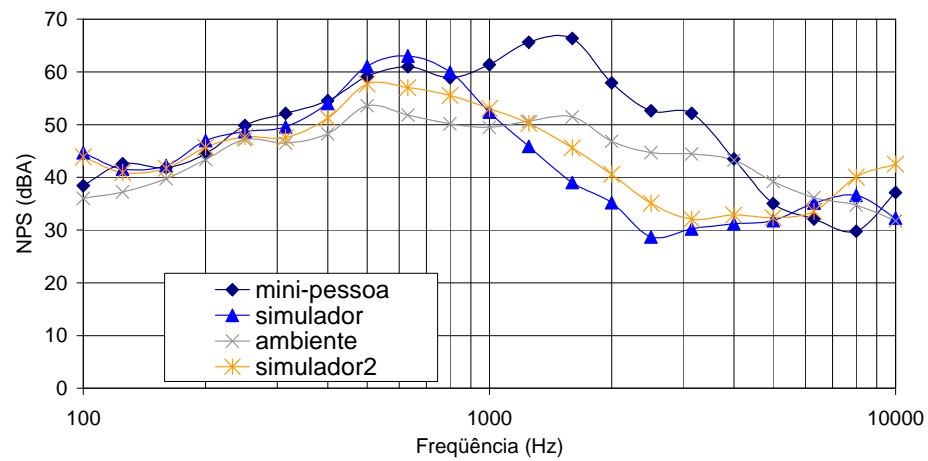
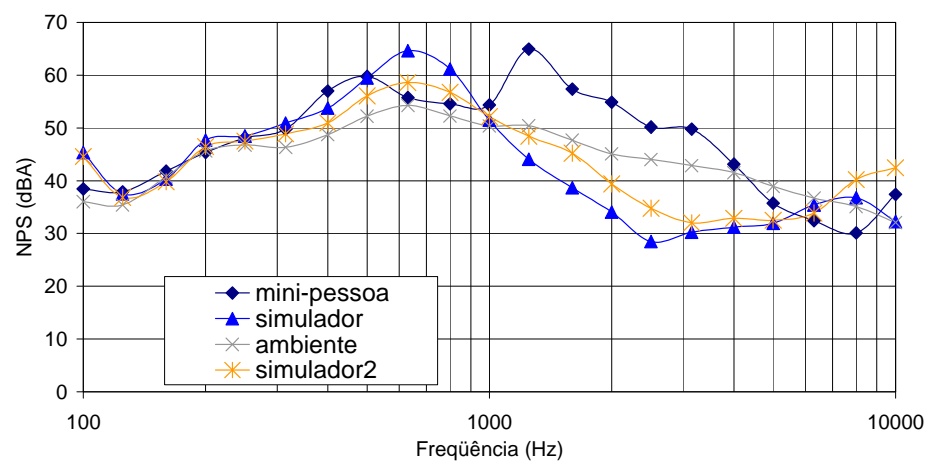
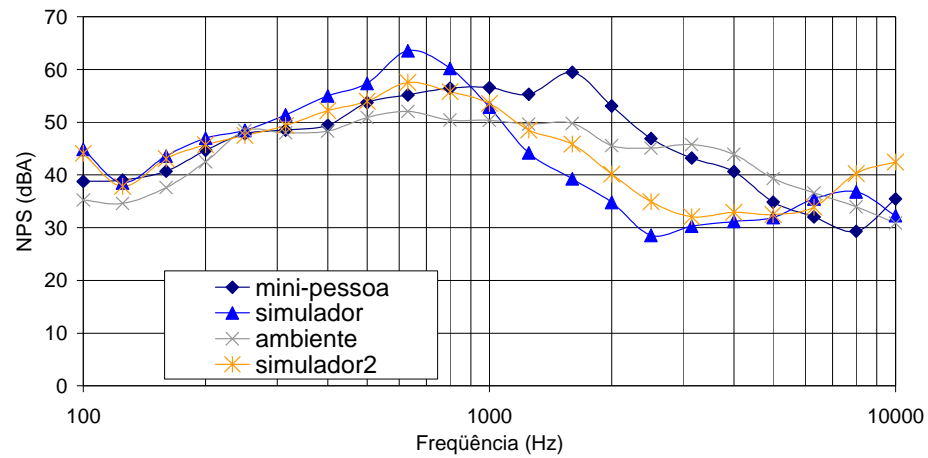


**Setor Receptivo – Turno 2 - Indivíduo E – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**

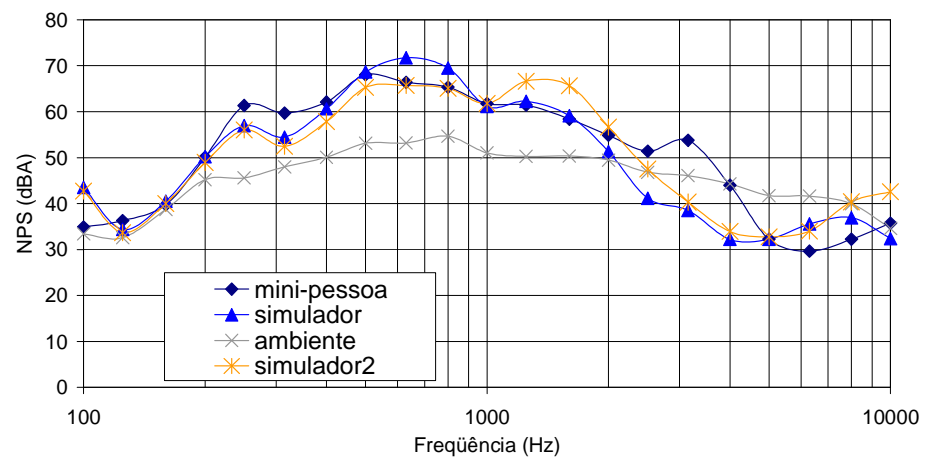
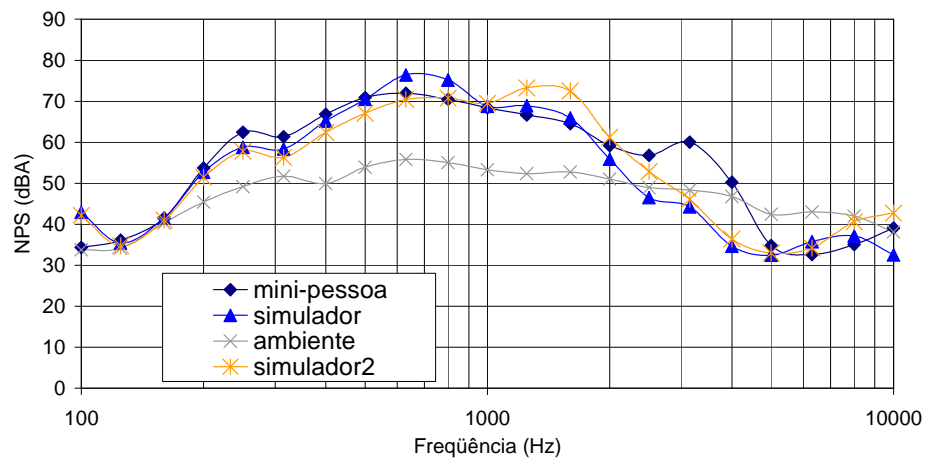
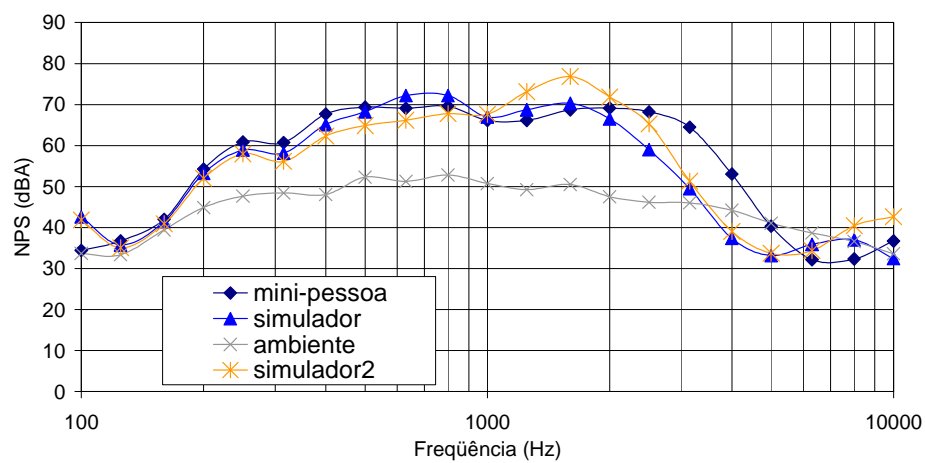
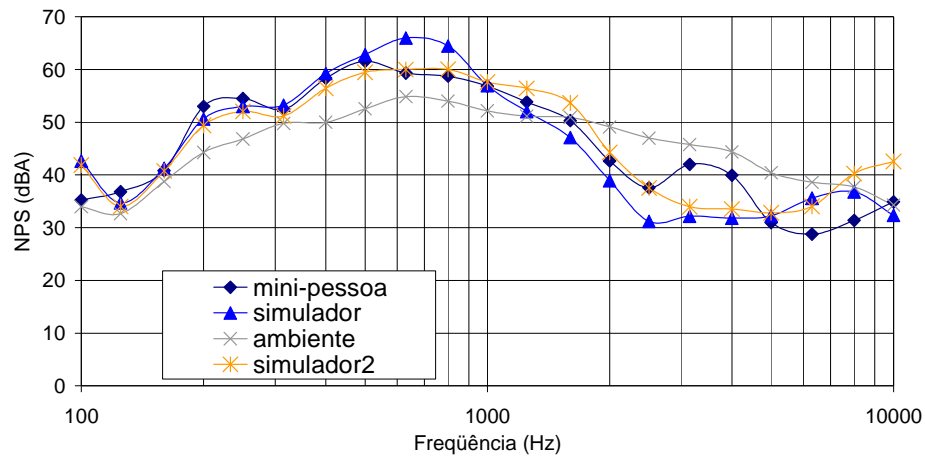




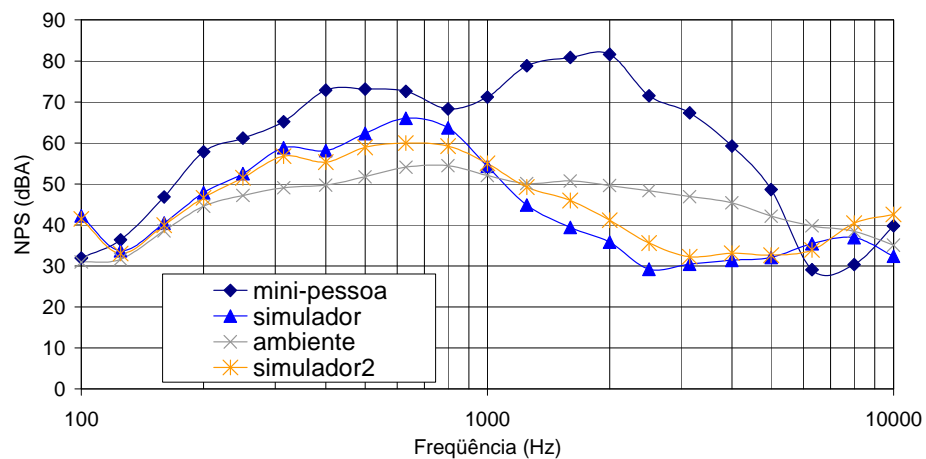
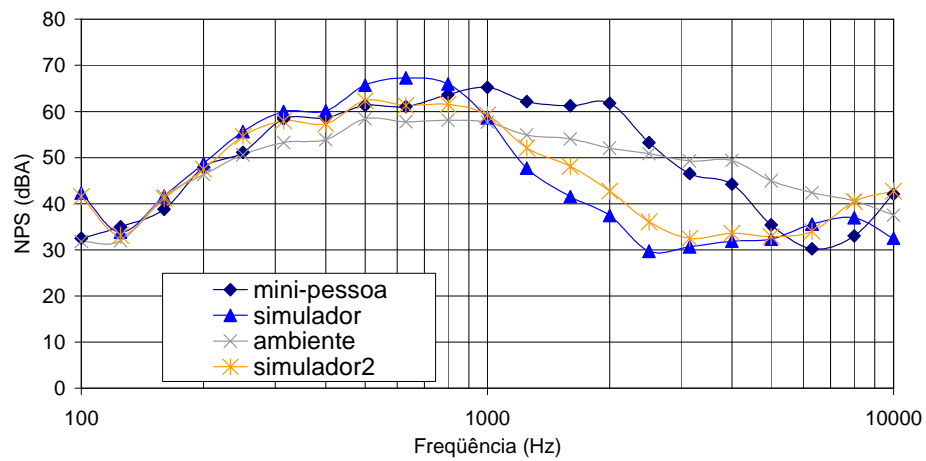
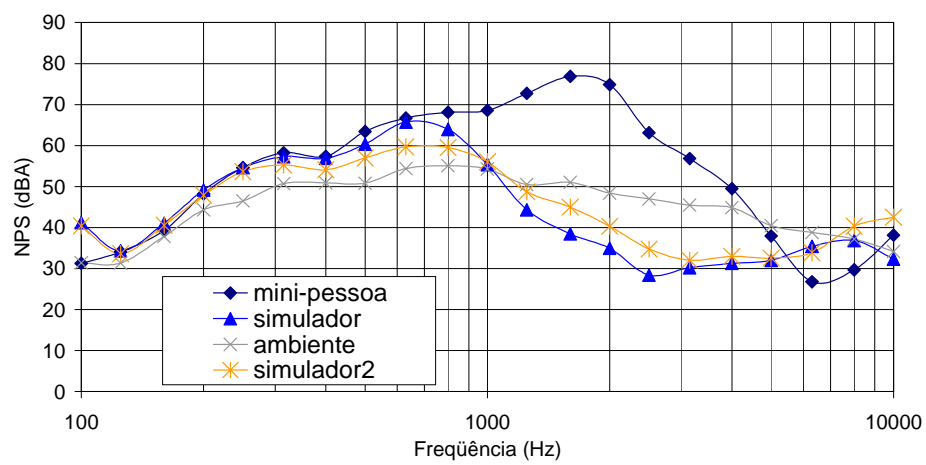
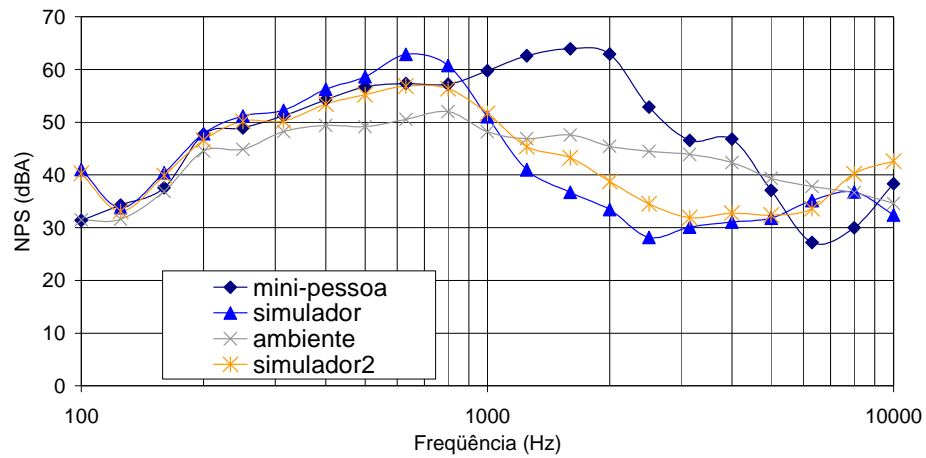
**Setor Receptivo – Turno 2 - Indivíduo F – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



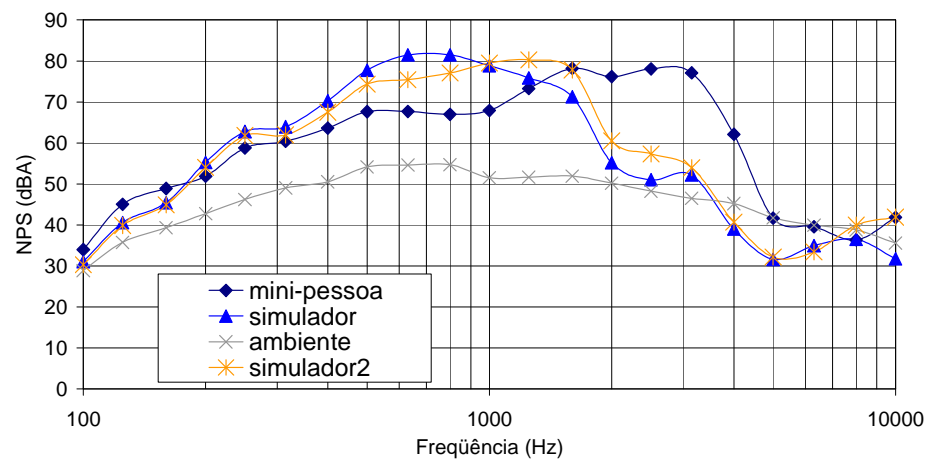
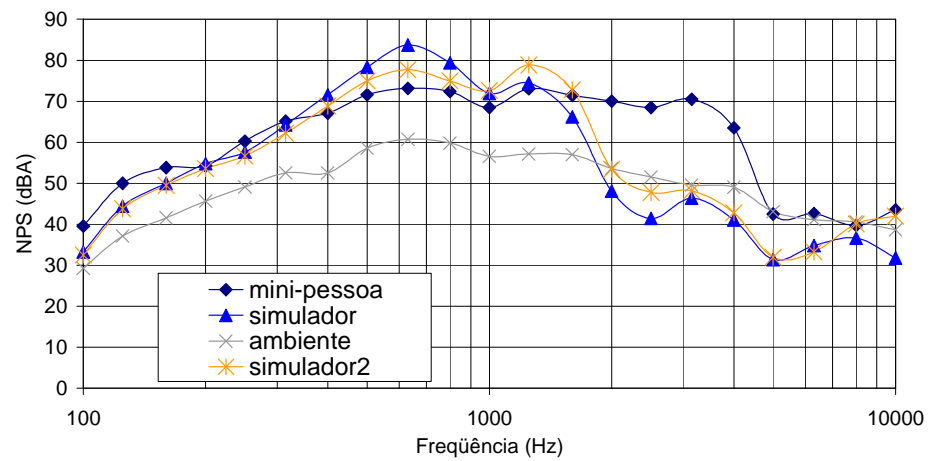
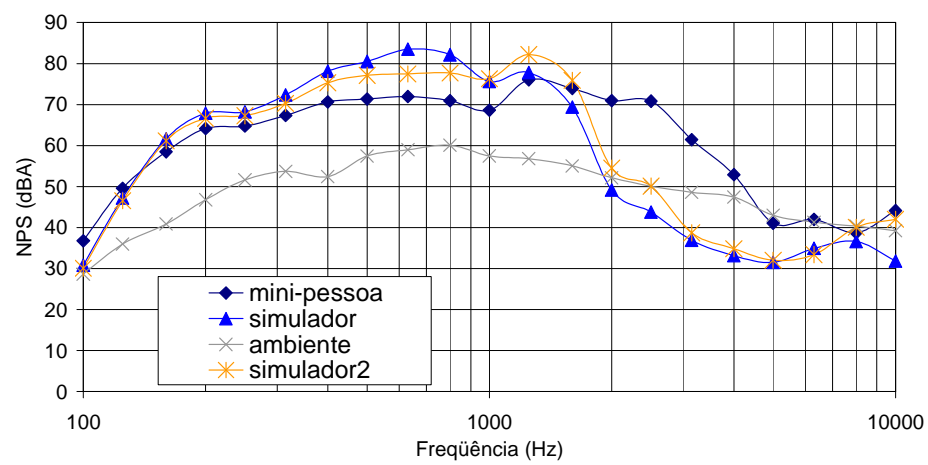
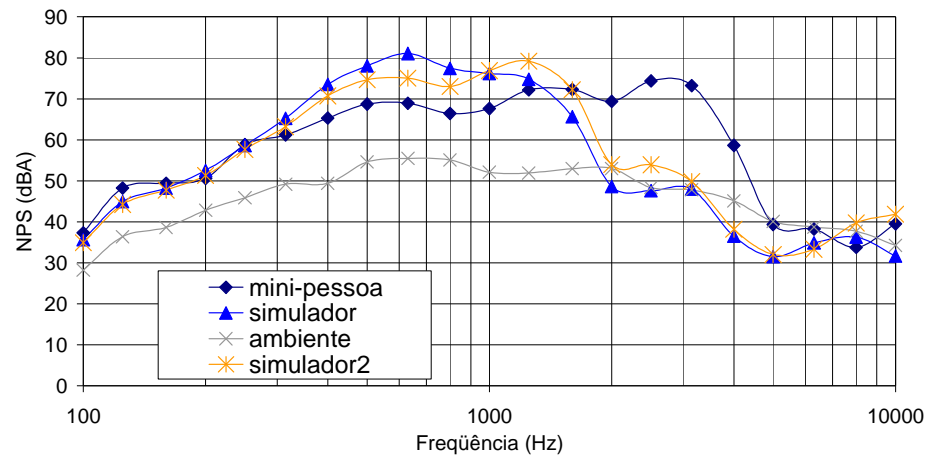
**Setor Receptivo – Turno 2 - Indivíduo G – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



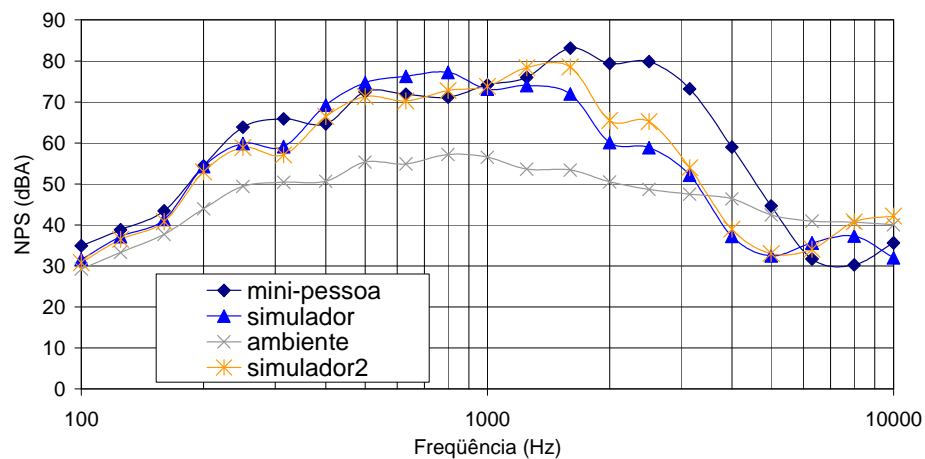
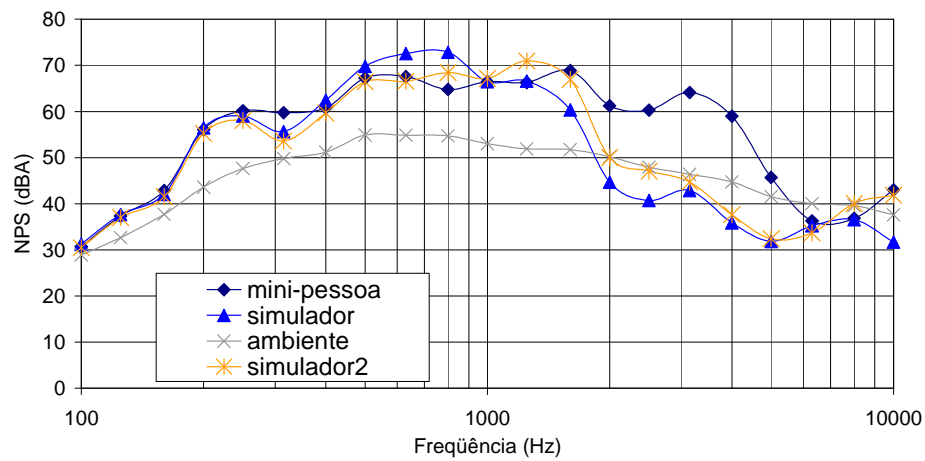
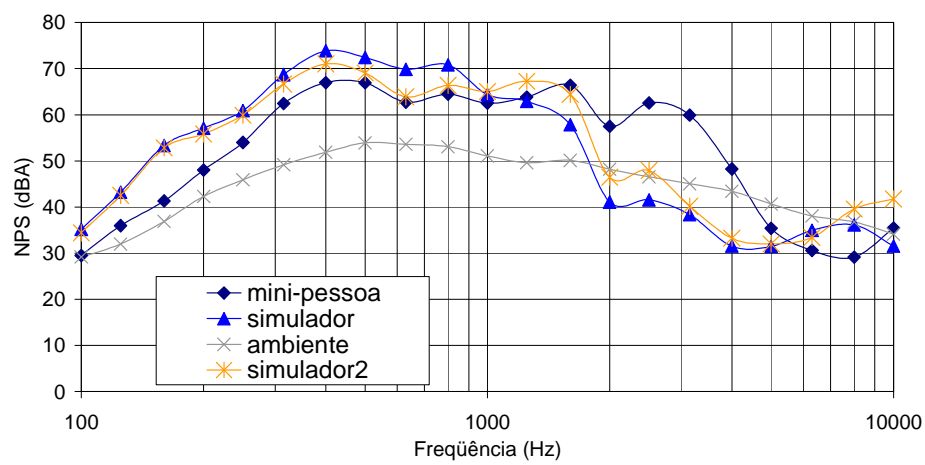
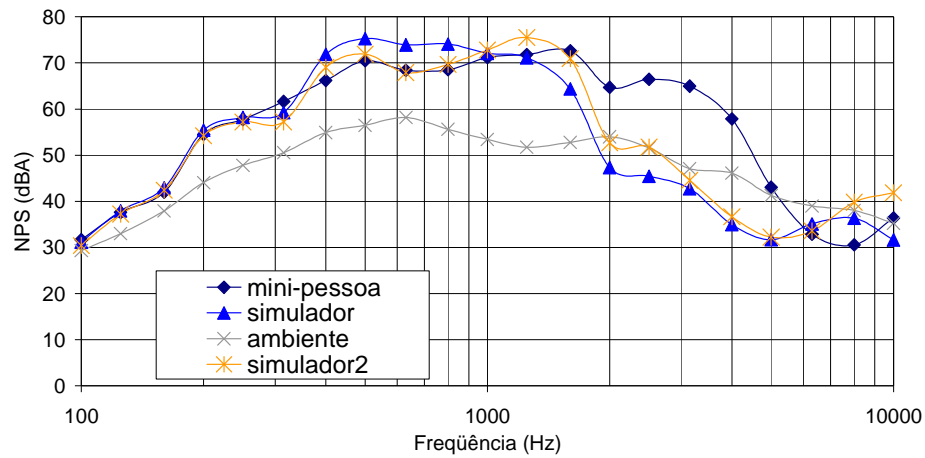
**Setor Receptivo – Turno 2 - Indivíduo H – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



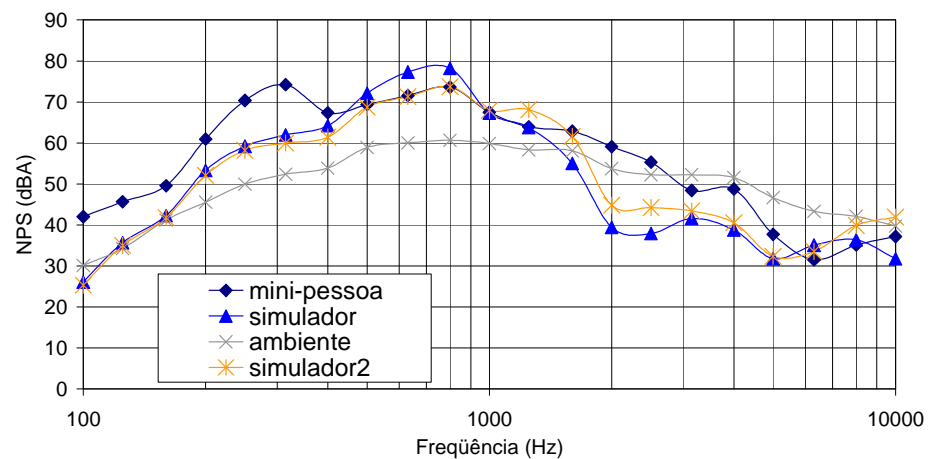
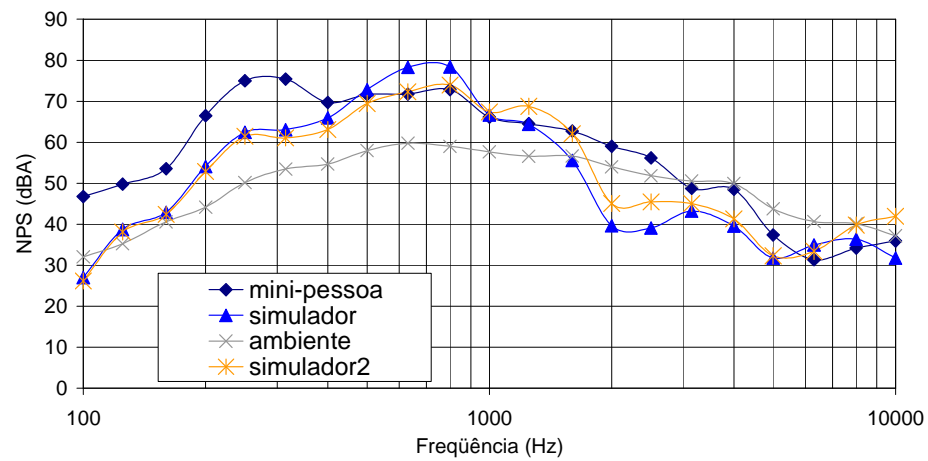
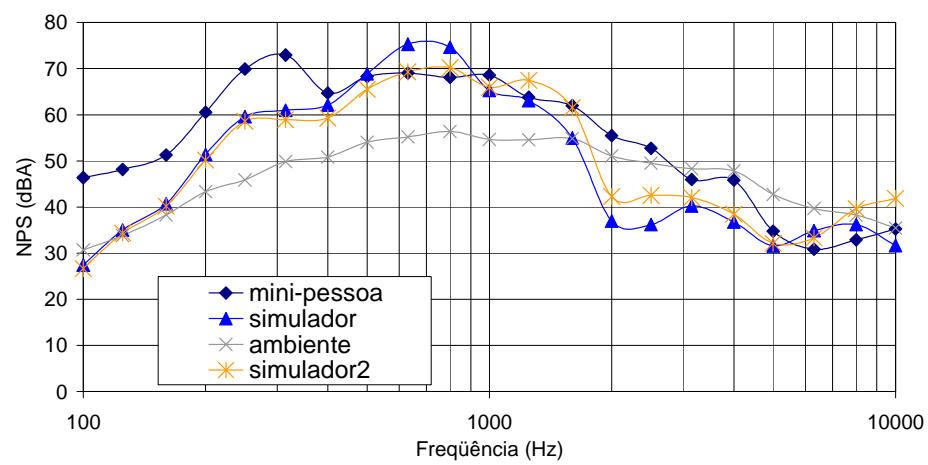
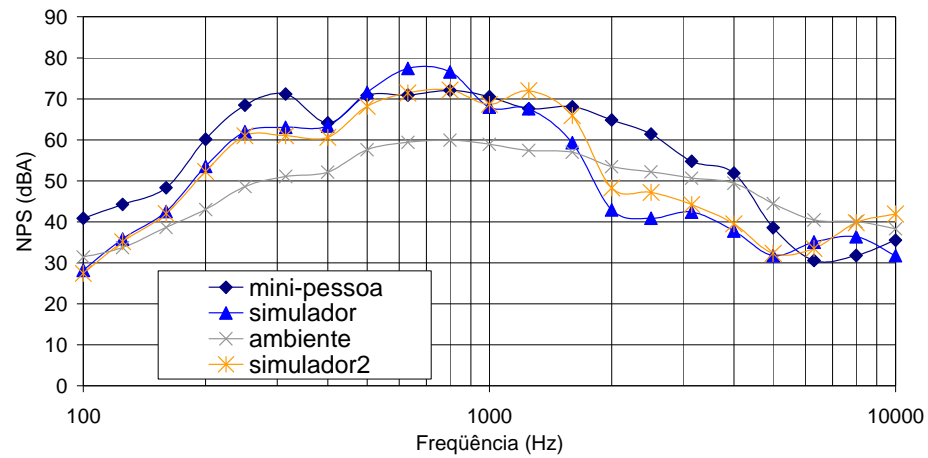
**Setor Ativo – Turno 1 - Indivíduo A – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



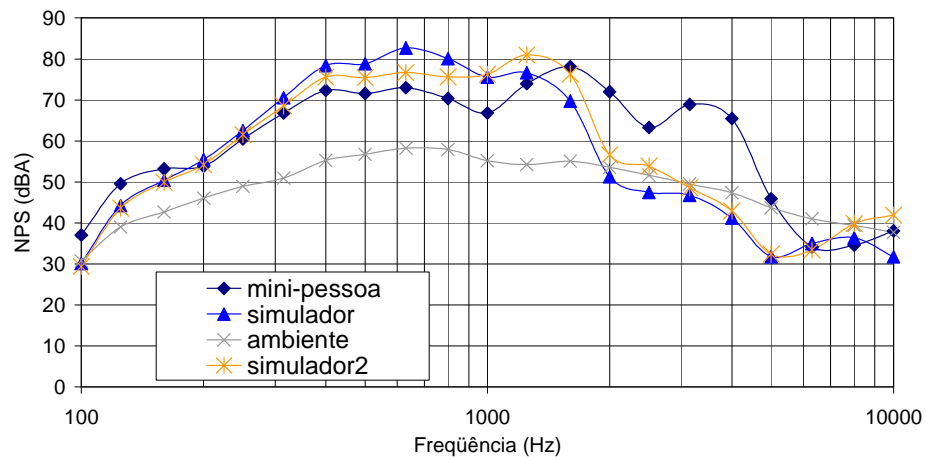
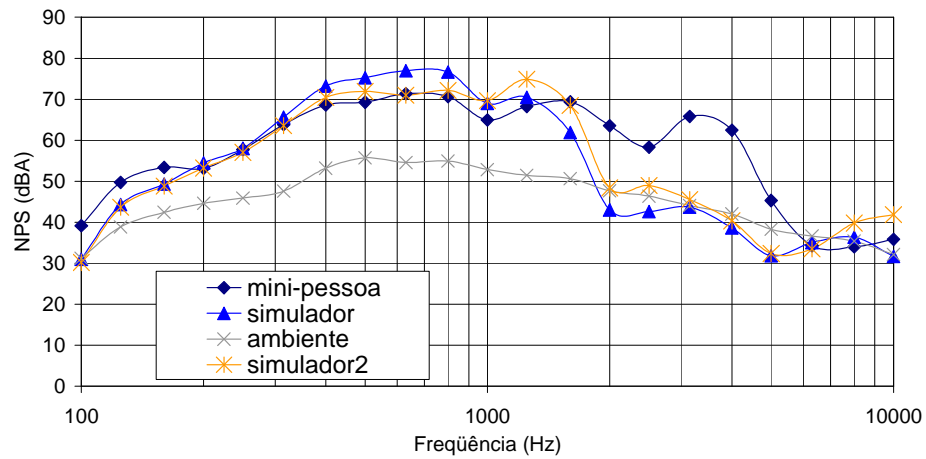
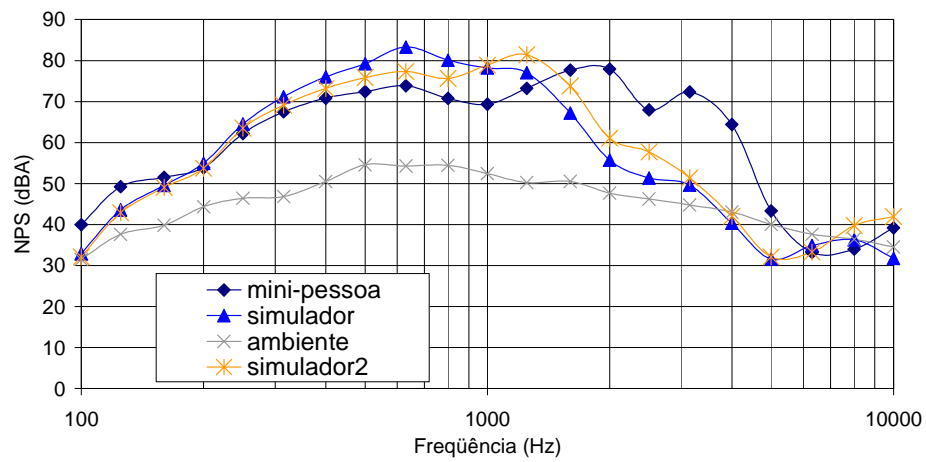
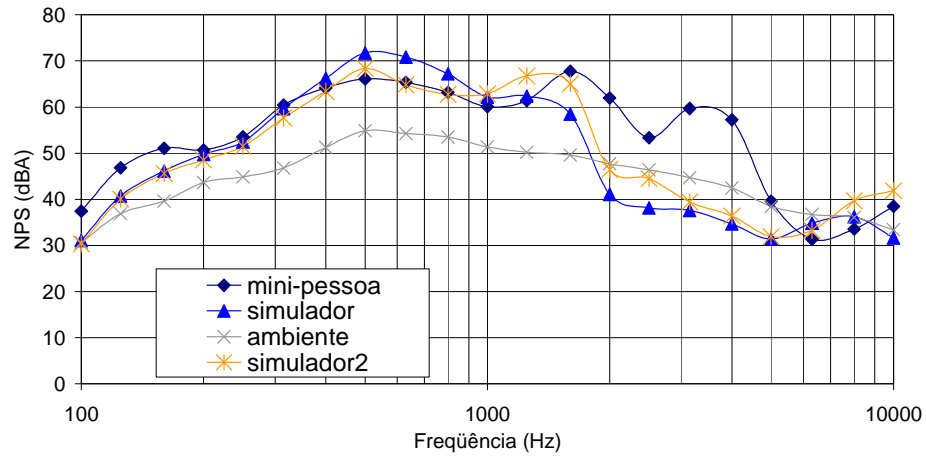
**Setor Ativo – Turno 1 - Indivíduo B – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



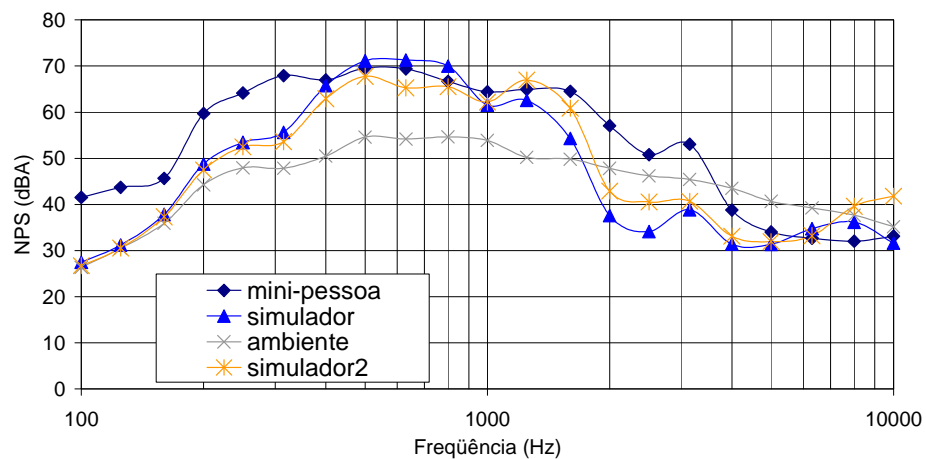
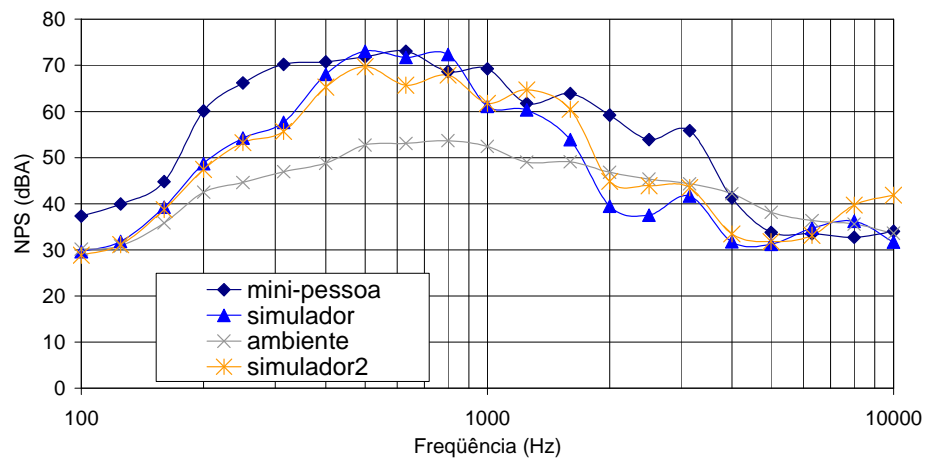
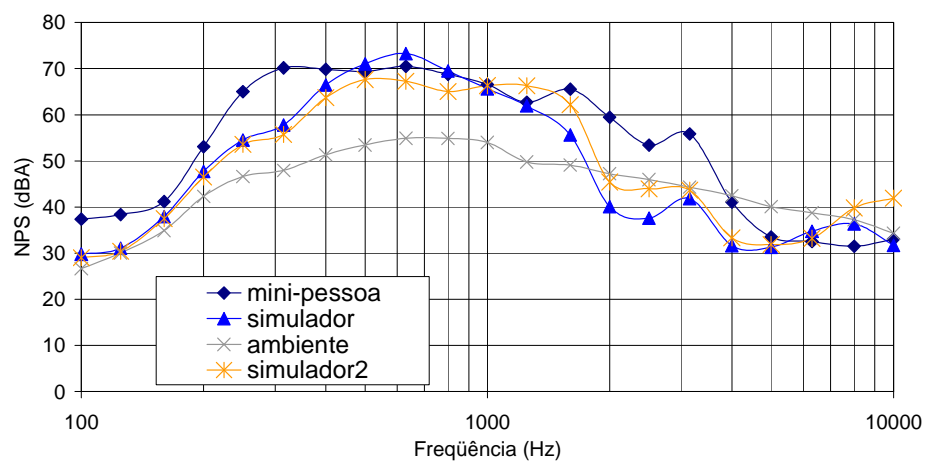
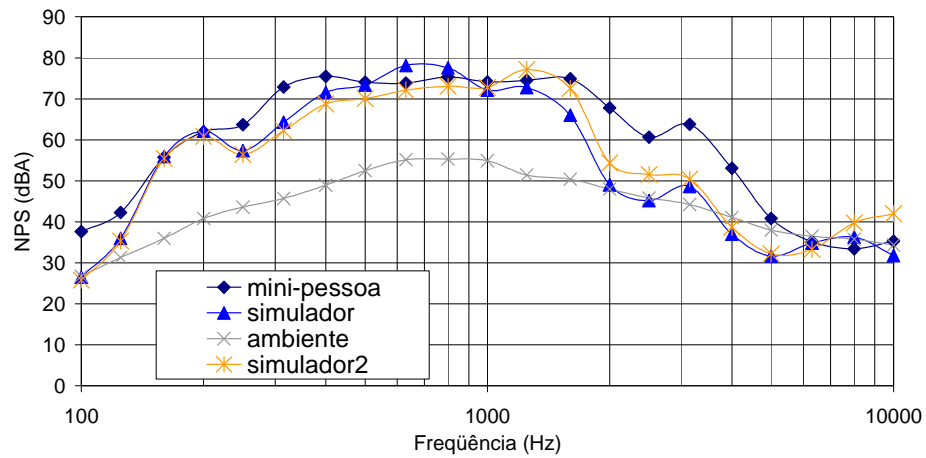
**Setor Ativo – Turno 1 - Indivíduo C – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



**Setor Ativo – Turno 1 - Indivíduo D – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**

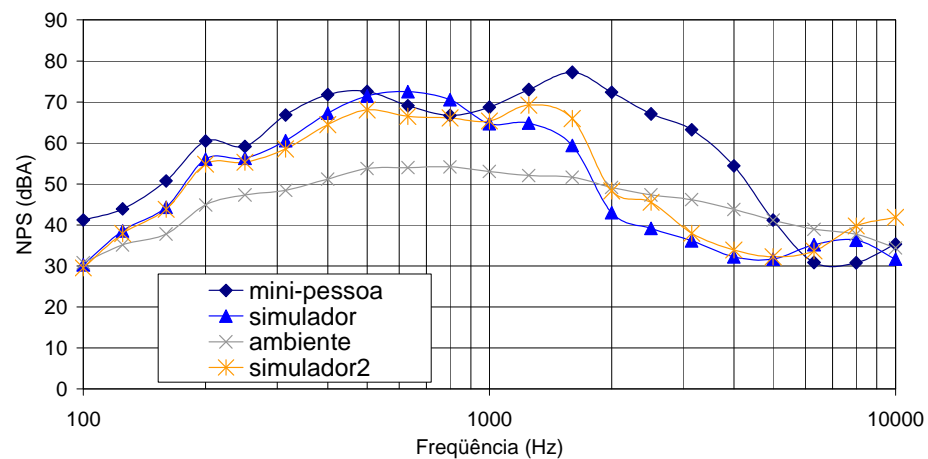
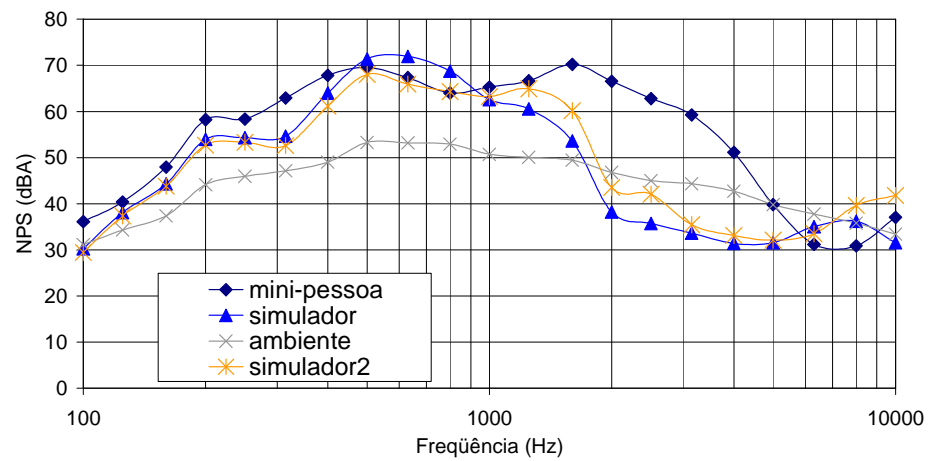
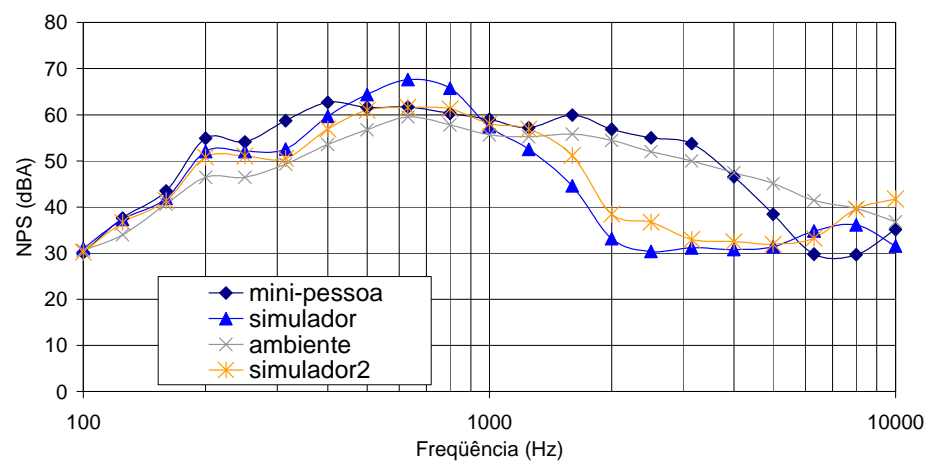
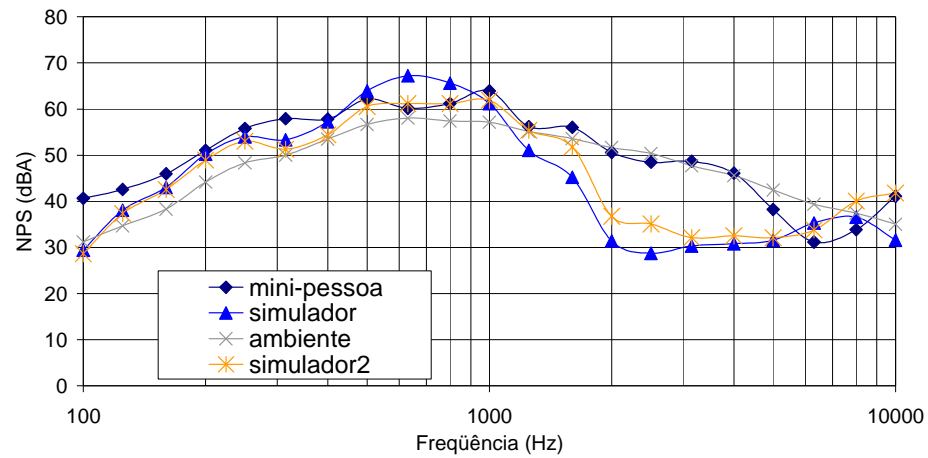


**Setor Ativo – Turno 1 - Indivíduo E – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**

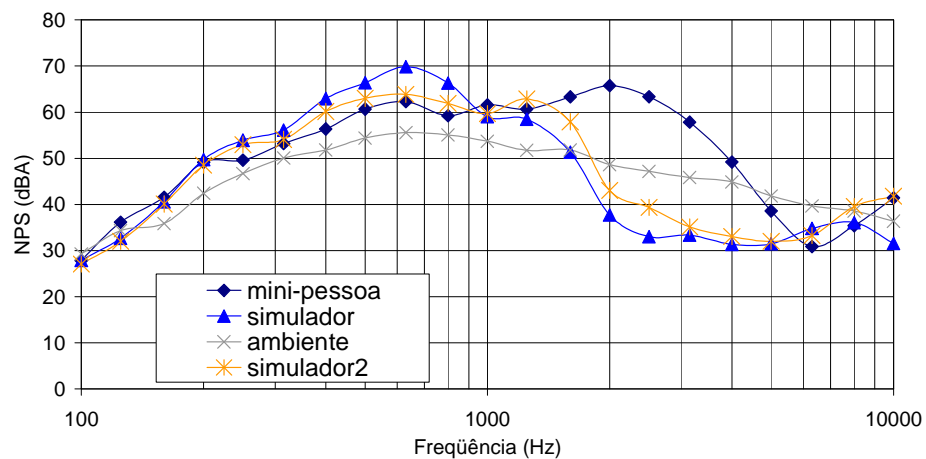
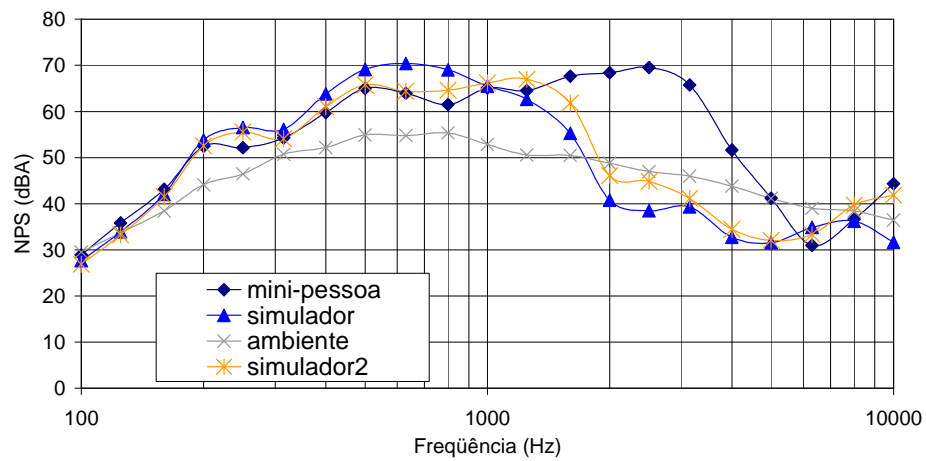
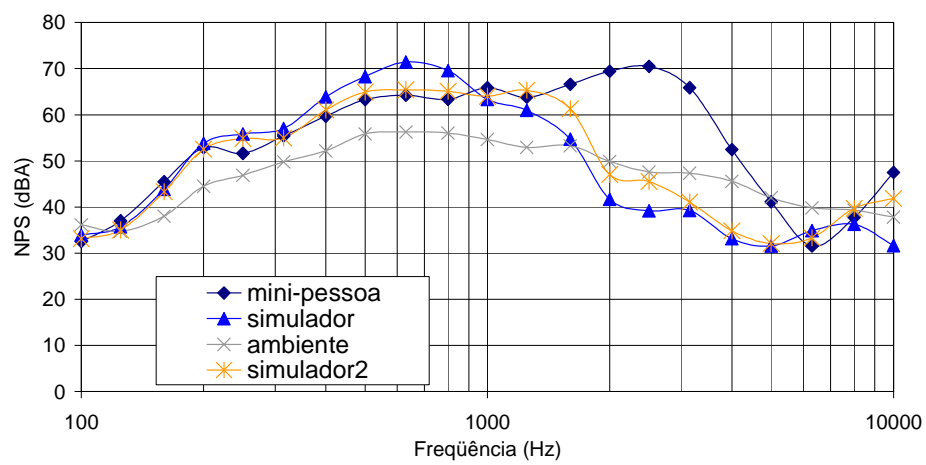
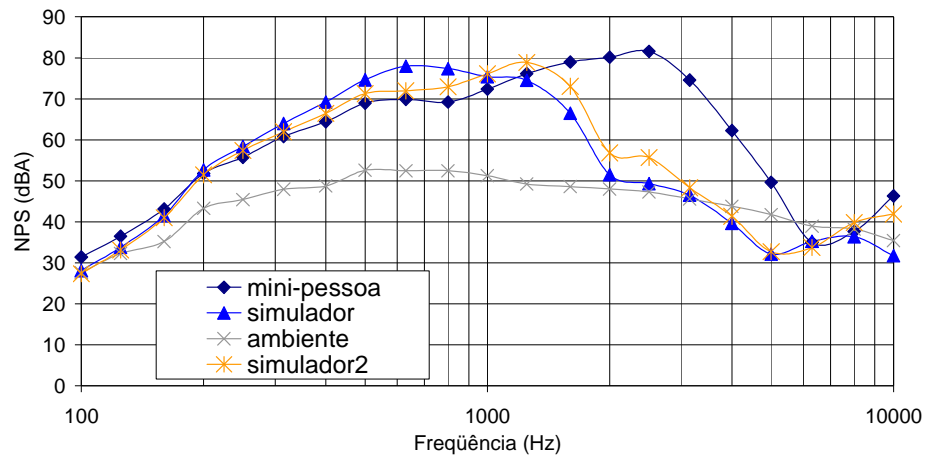




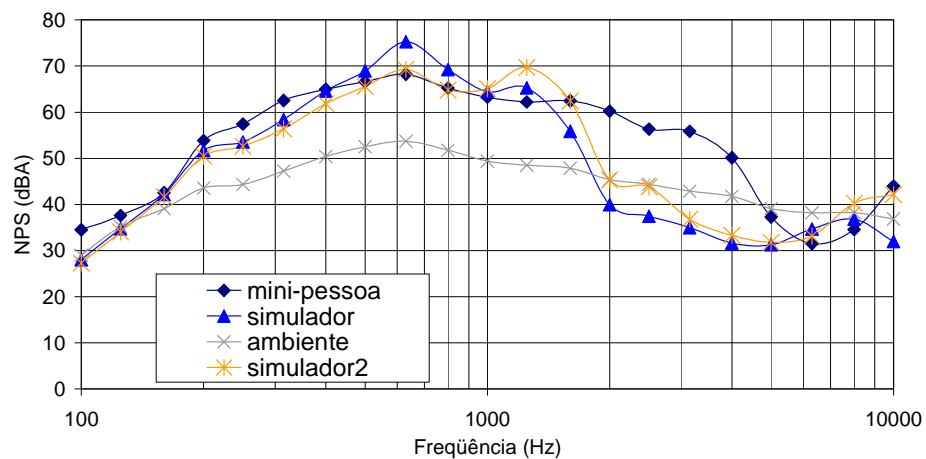
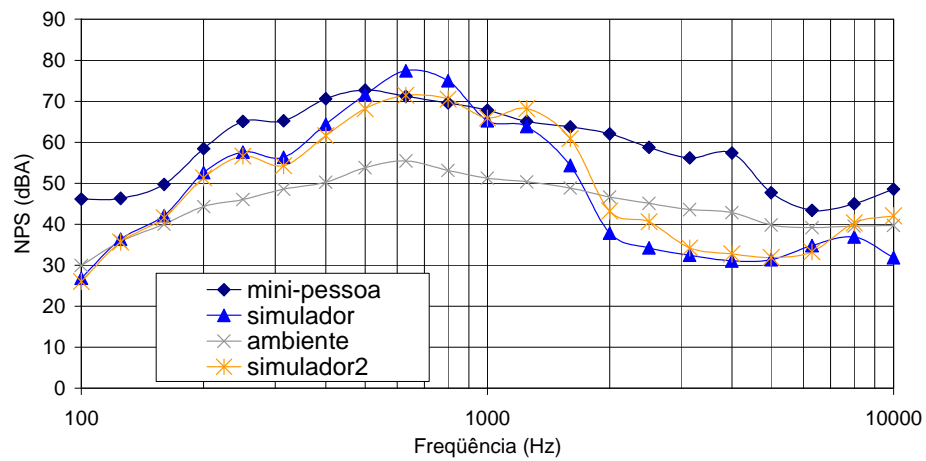
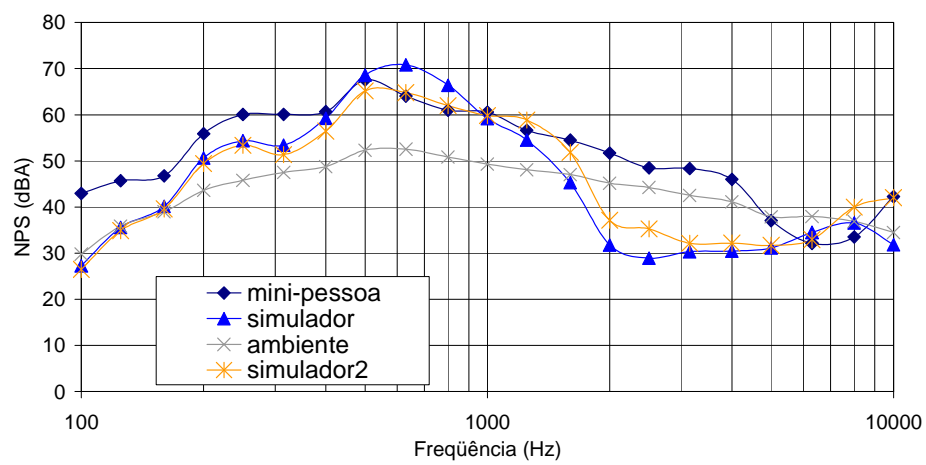
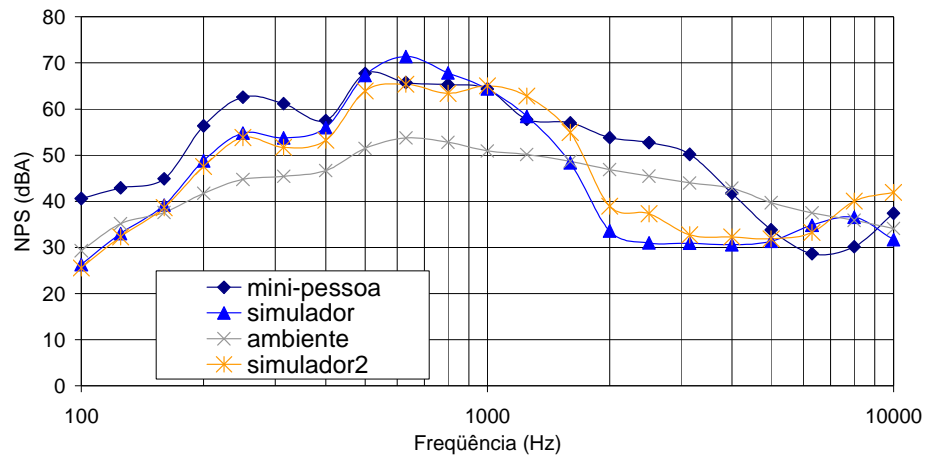
**Setor Ativo – Turno 1 - Indivíduo F – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



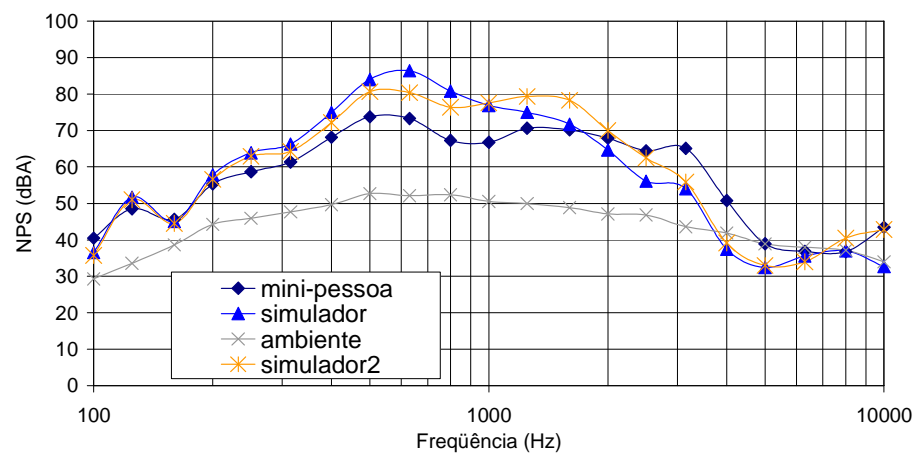
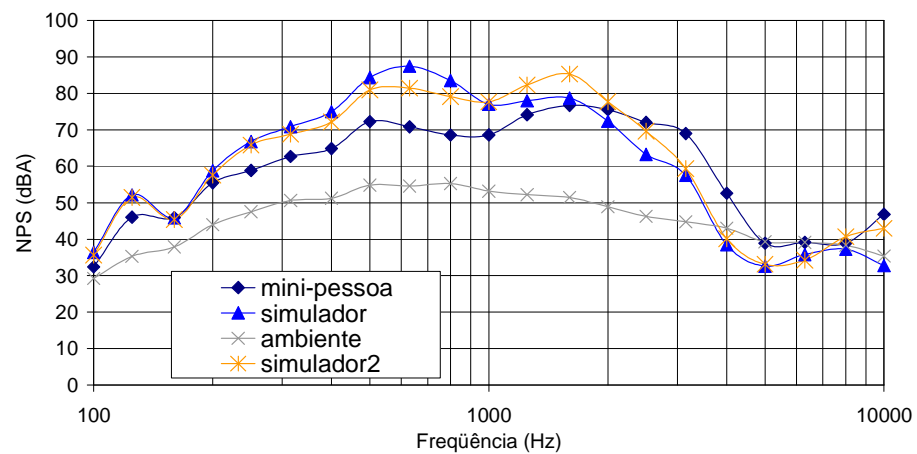
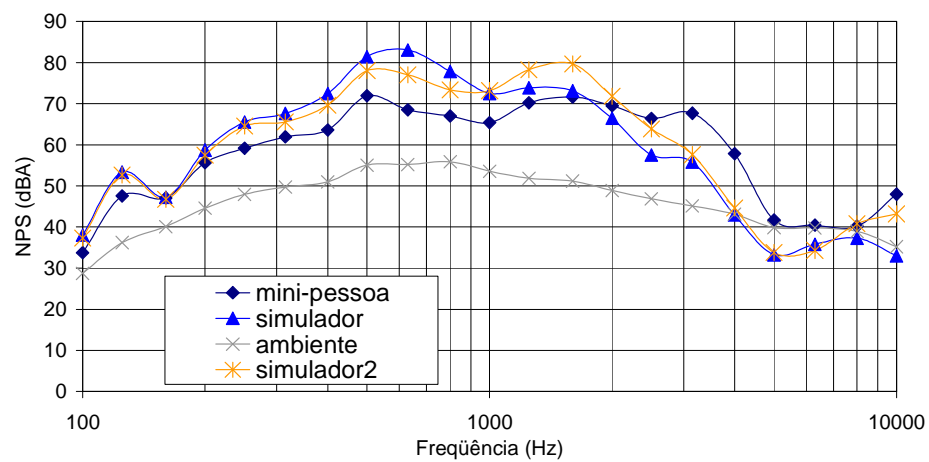
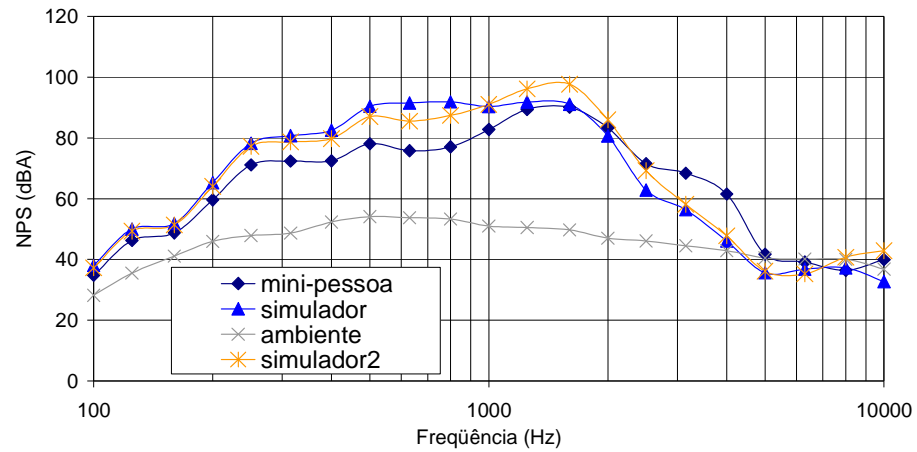
**Setor Ativo – Turno 1 - Indivíduo G – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



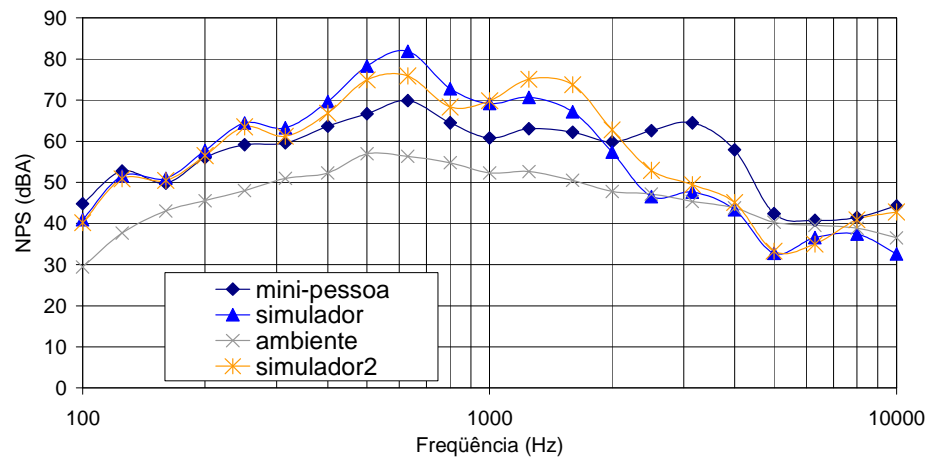
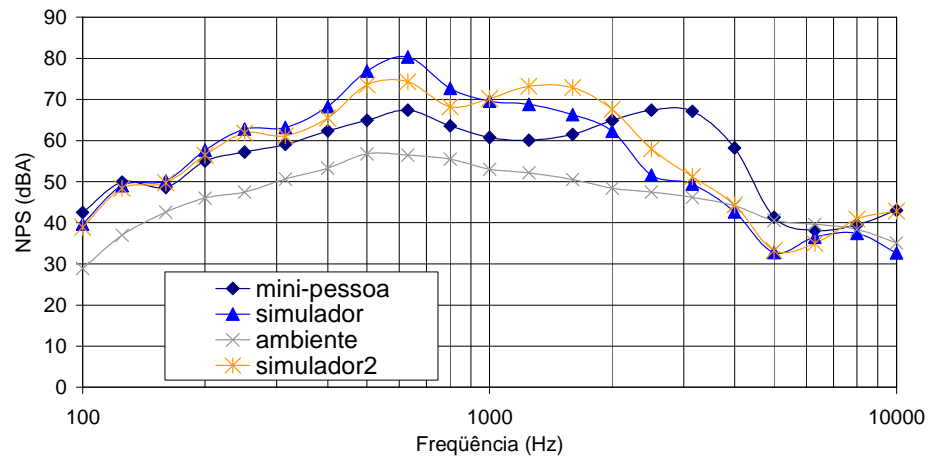
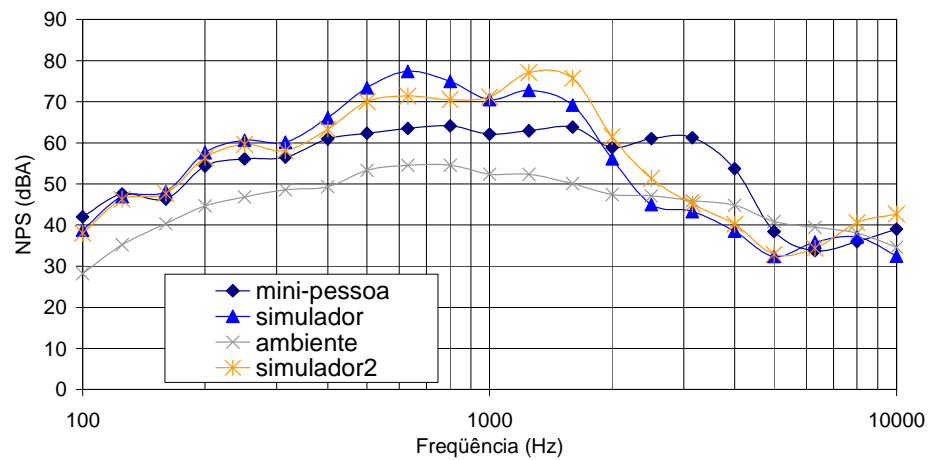
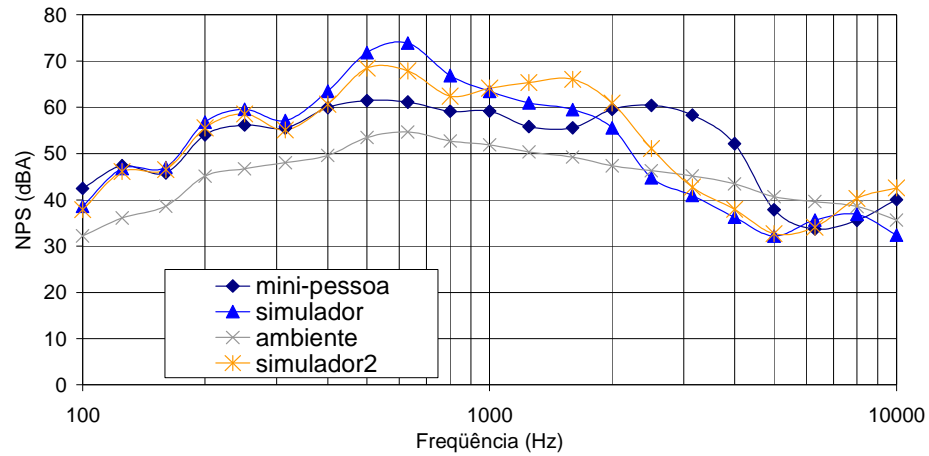
**Setor Ativo – Turno 1 - Indivíduo H – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



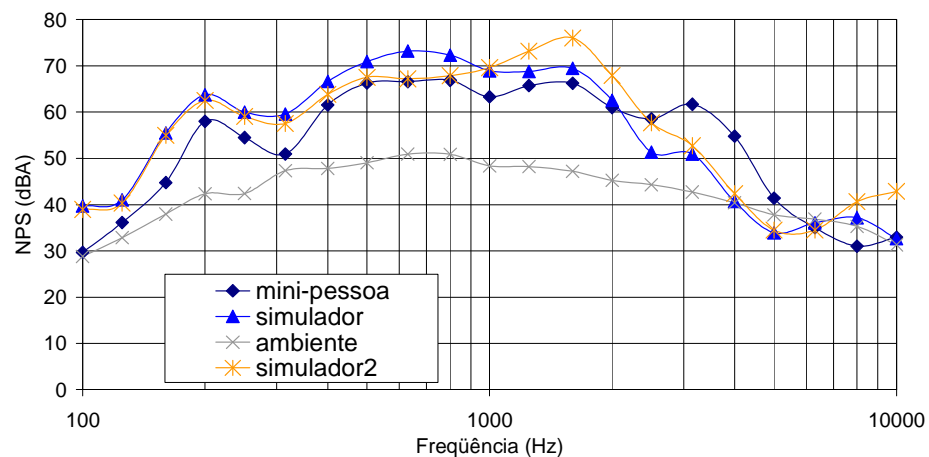
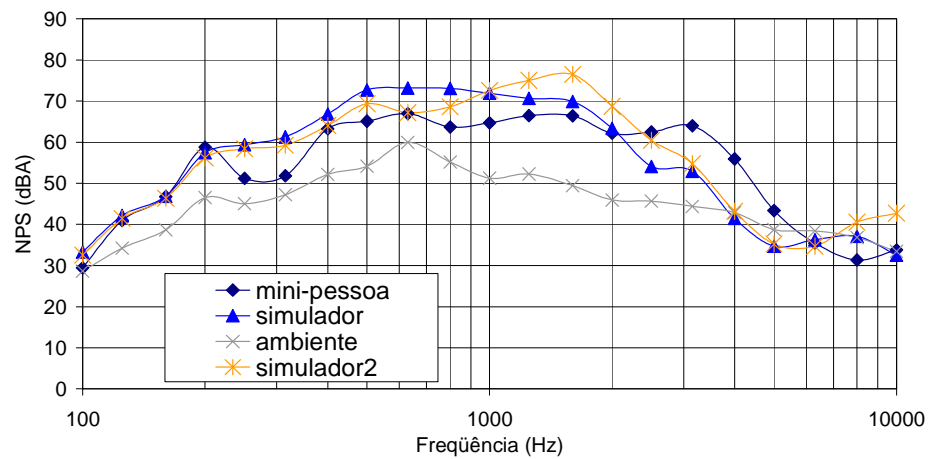
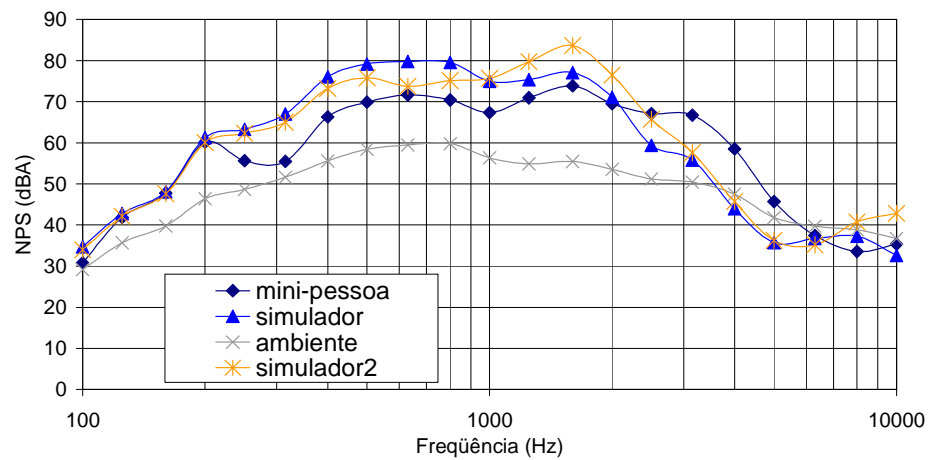
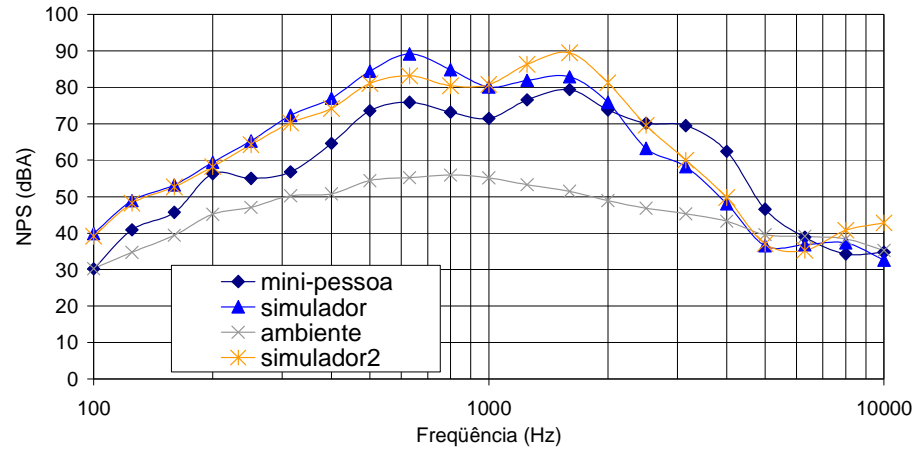
**Setor Ativo – Turno 2 - Indivíduo A – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



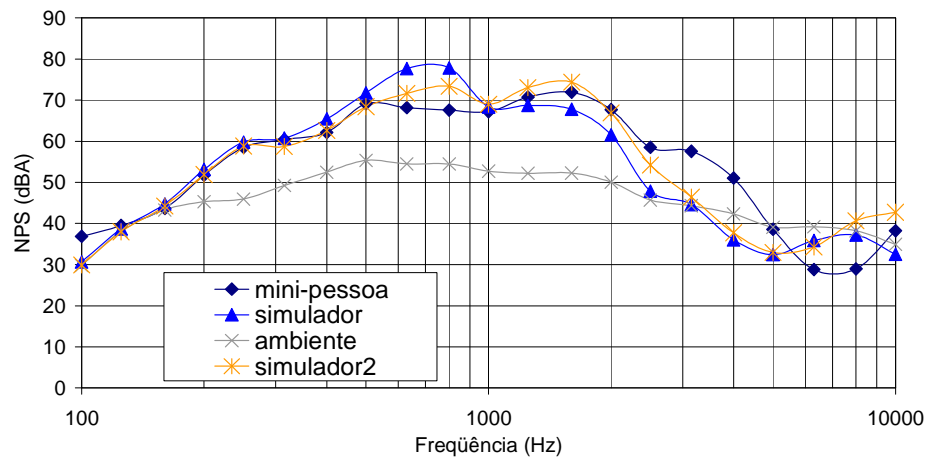
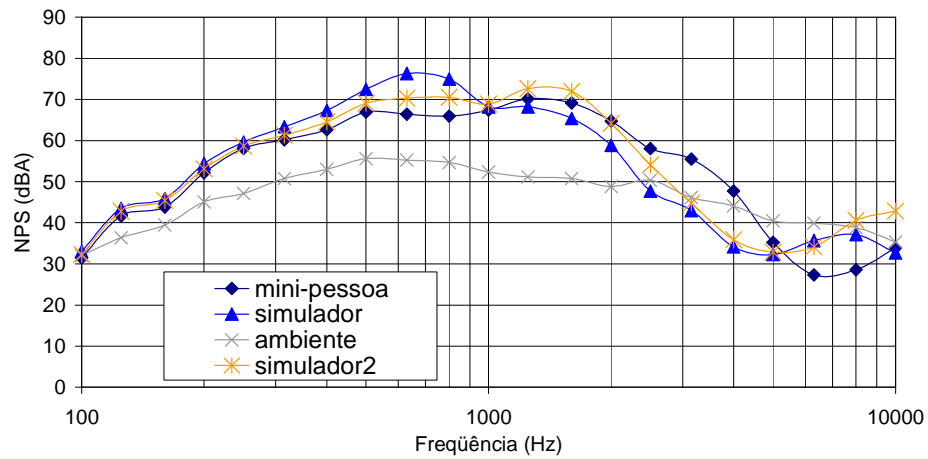
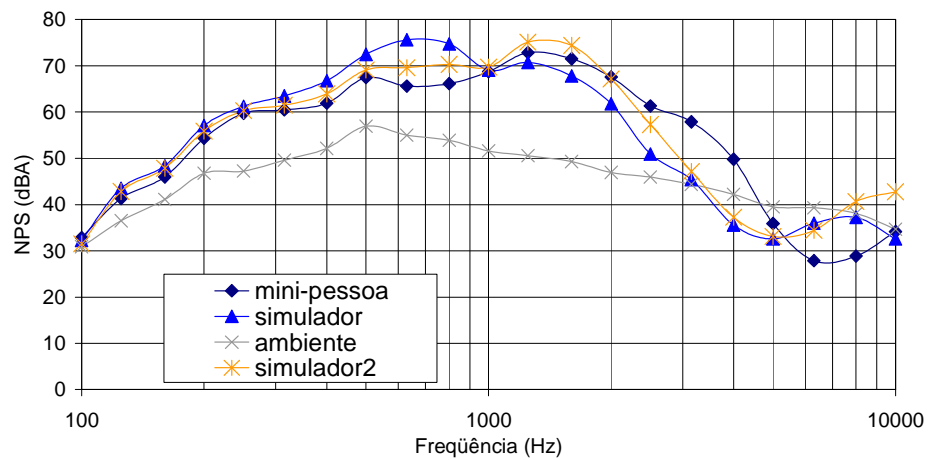
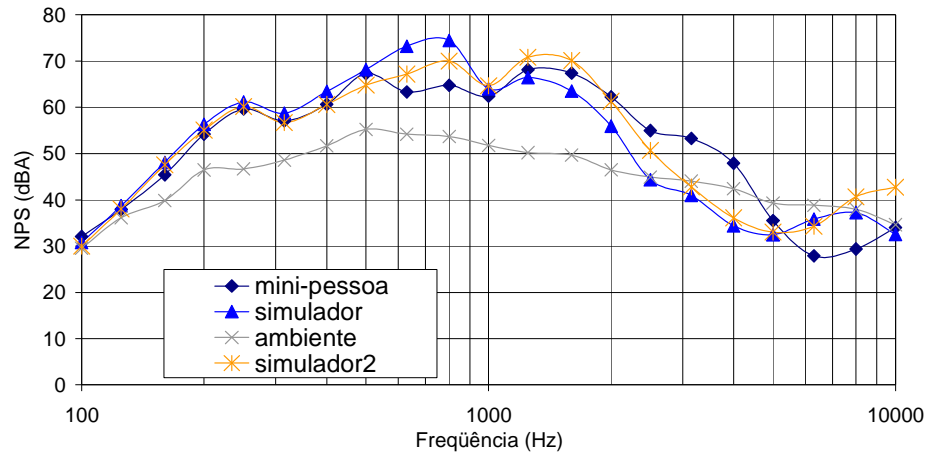
**Setor Ativo – Turno 2 - Indivíduo B – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



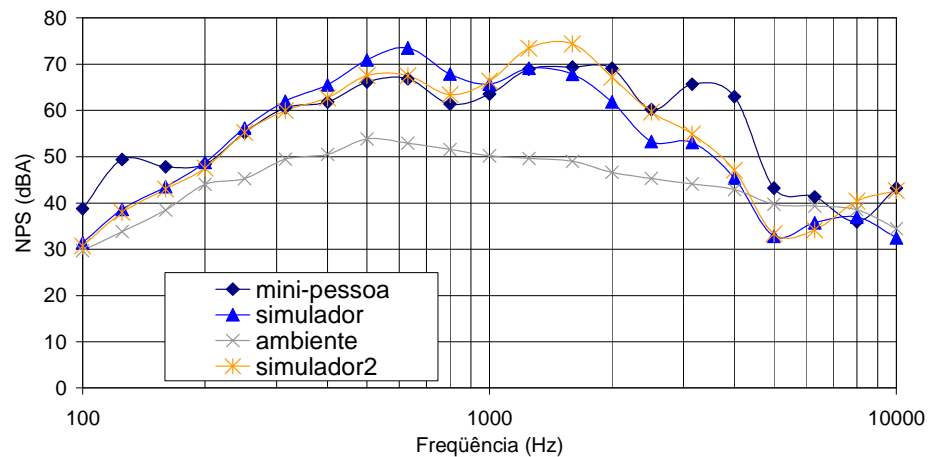
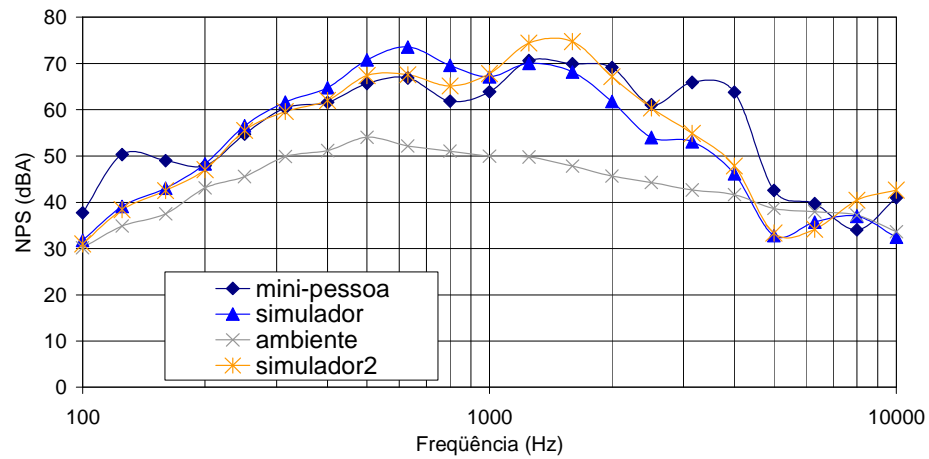
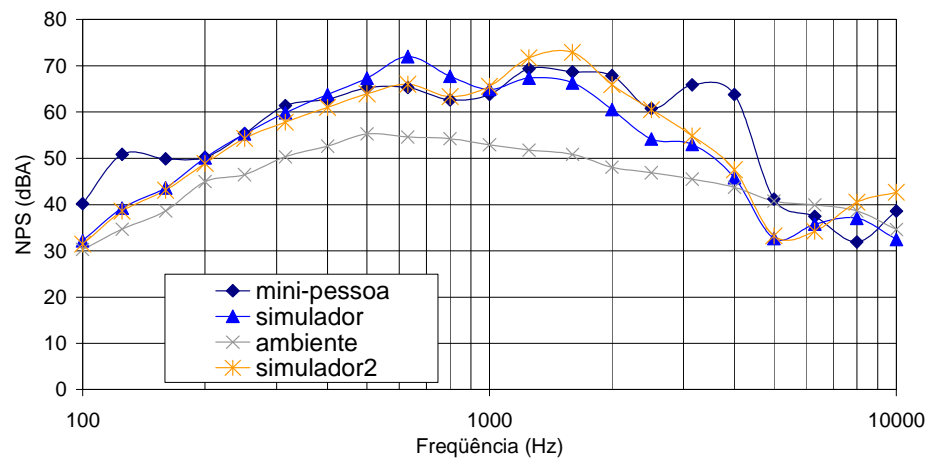
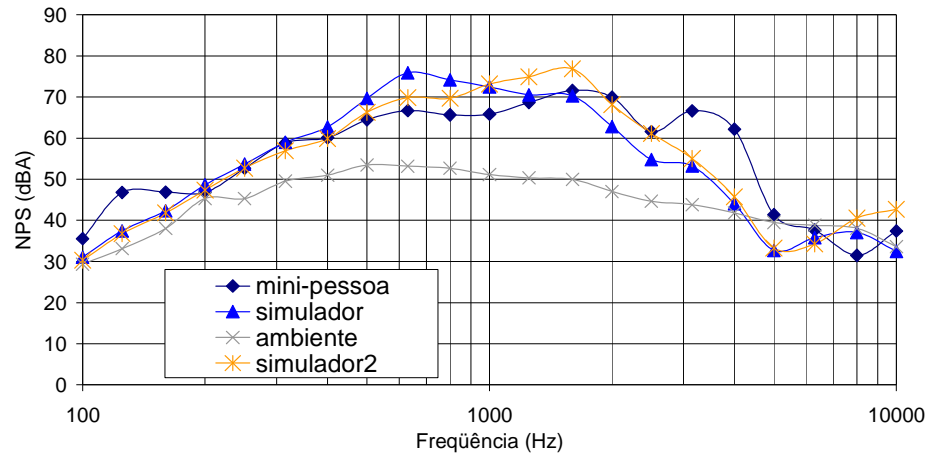
**Setor Ativo – Turno 2 - Indivíduo C – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



**Setor Ativo – Turno 2 - Indivíduo D – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**

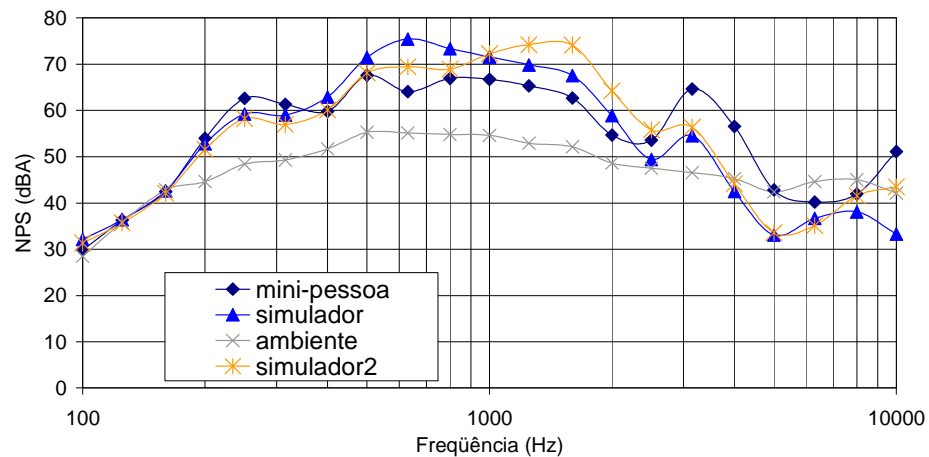
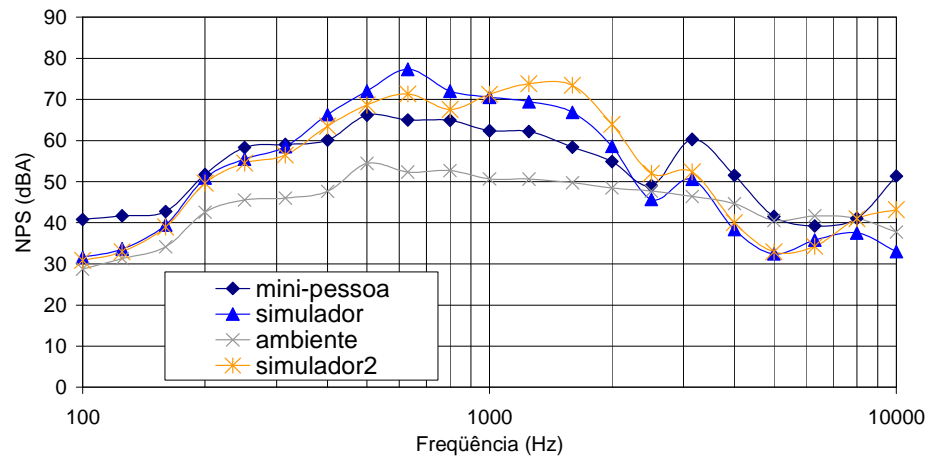
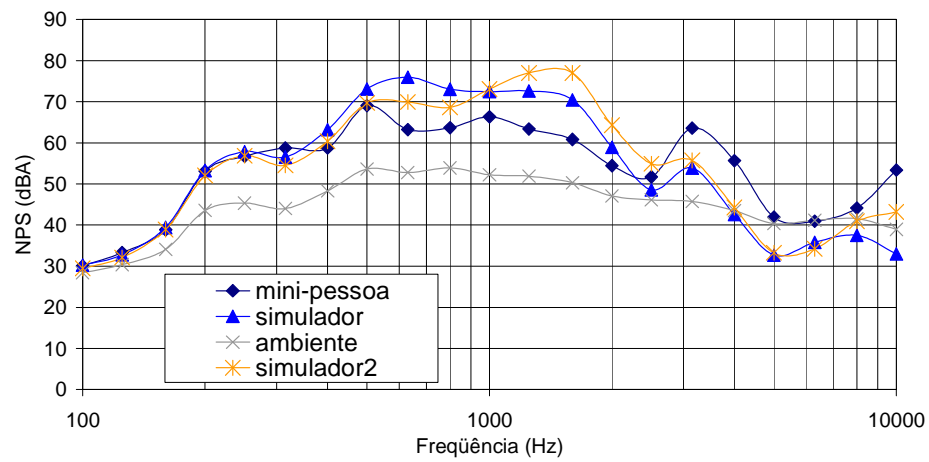
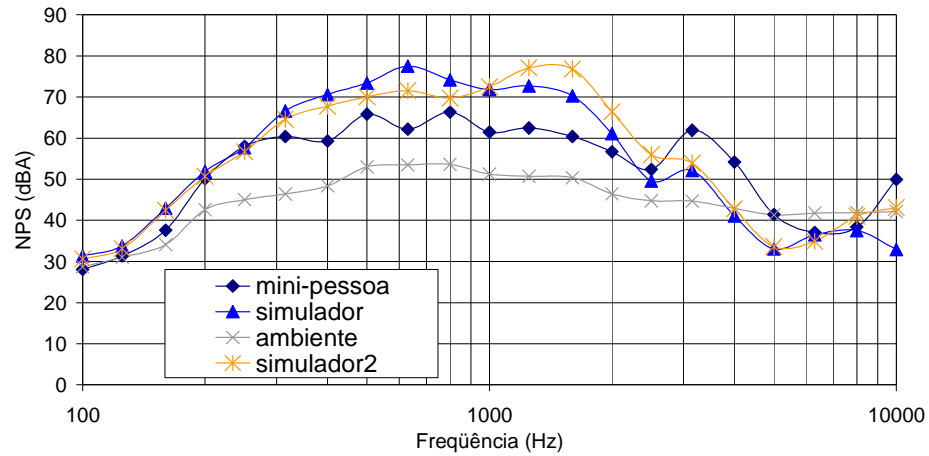


**Setor Ativo – Turno 2 - Indivíduo E – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**

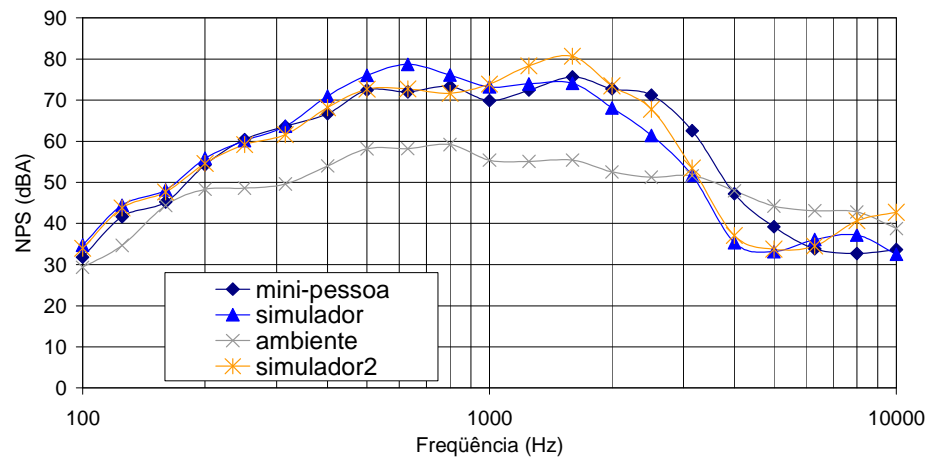
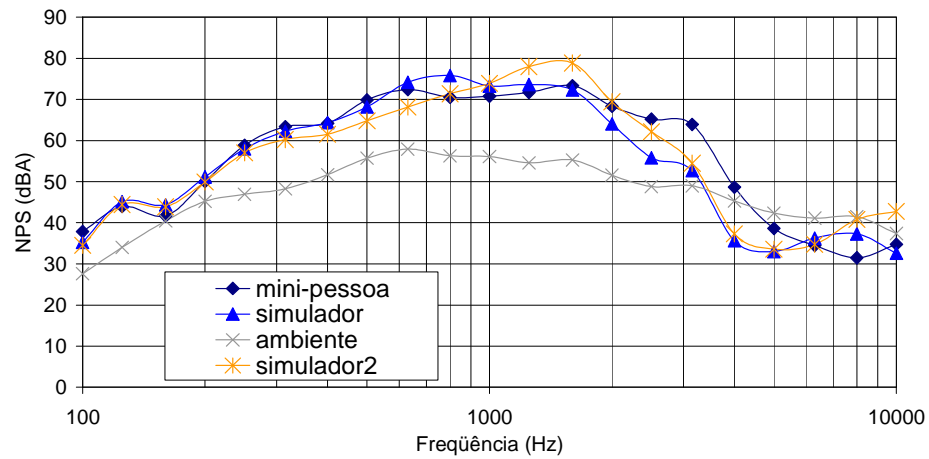
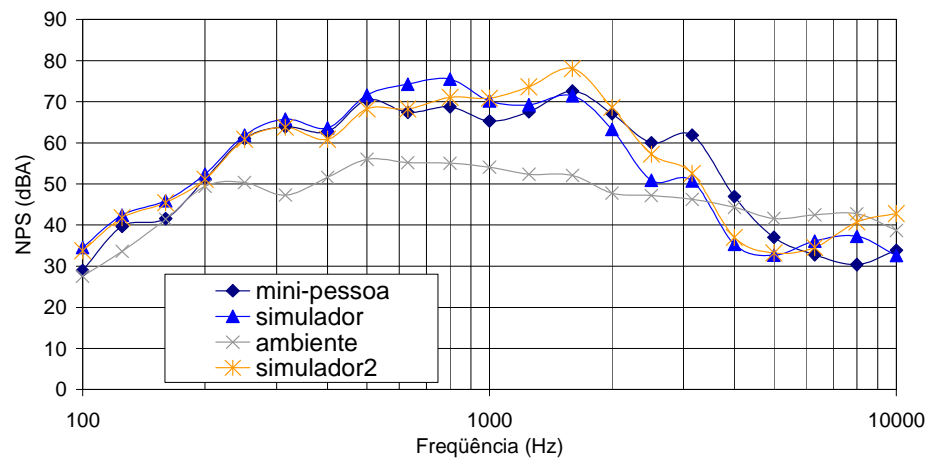
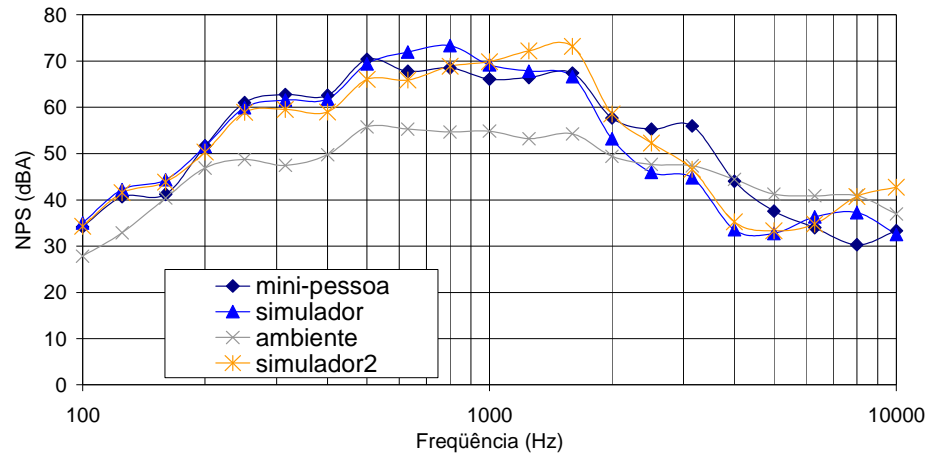




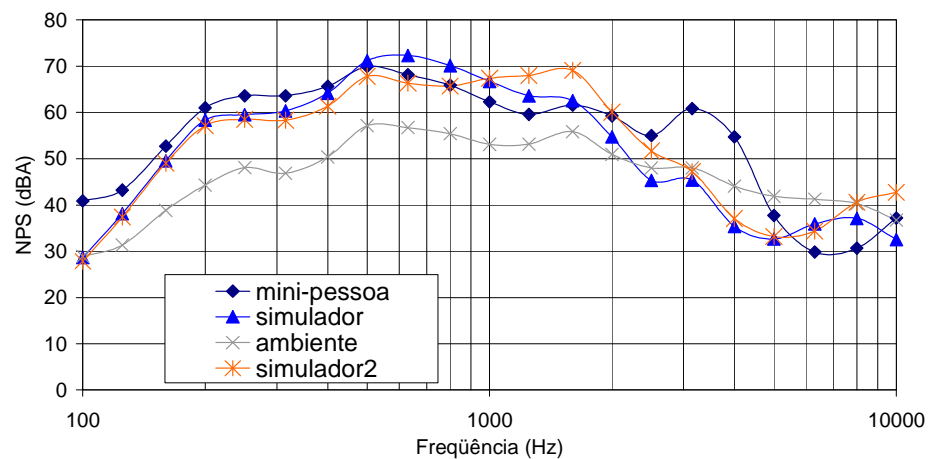
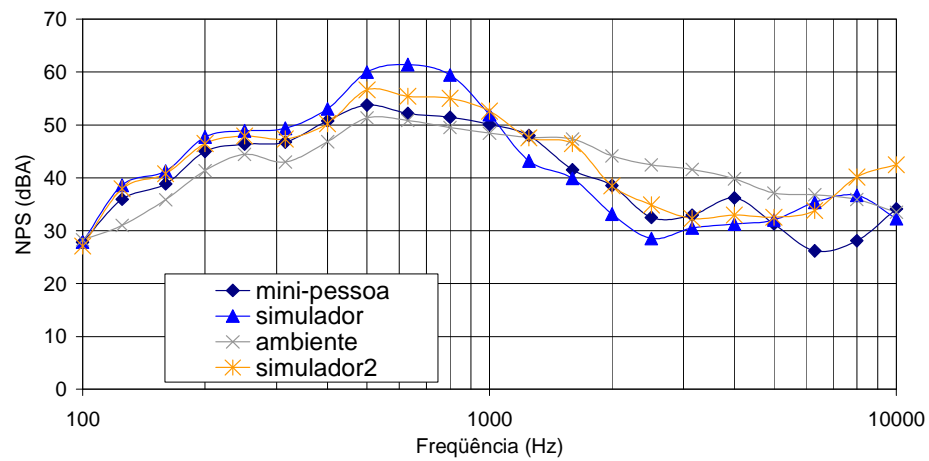
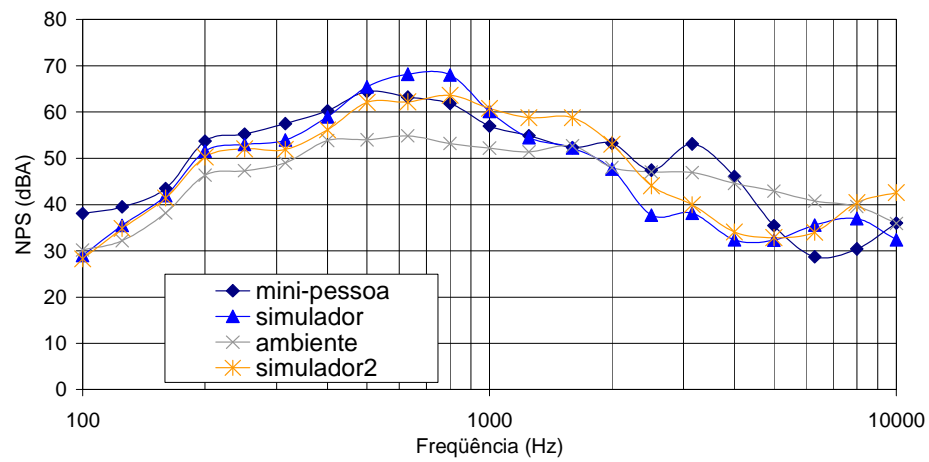
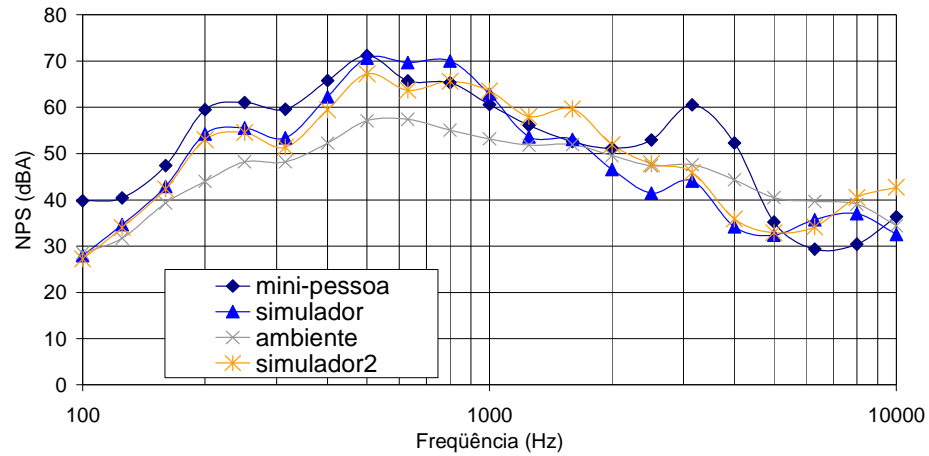
**Setor Ativo – Turno 2 - Indivíduo F – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



**Setor Ativo – Turno 2 - Indivíduo G – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



**Setor Ativo – Turno 2 - Indivíduo H – Gráfico dos Resultados das medições 2, 3, 4 e 5, Respectivamente**



## **ANEXO 6**

**Fichas Técnicas e Documentos dos Aparelhos Utilizados nas Medições e a Partir dos quais Retirou-se dados para a Análise de Incertezas da Medição**

## Calibration Chart Type 40HF Low-noise Measuring system

Microphone 40EN Serial No.: 38552

Preamplifier 26HF Serial No.: 39086

**Sensitivity :** 1.101 V/Pa  
0.84 dB re. 1V/Pa

**Cal. Date :** 22-sep-03  
**Operator :** UCT

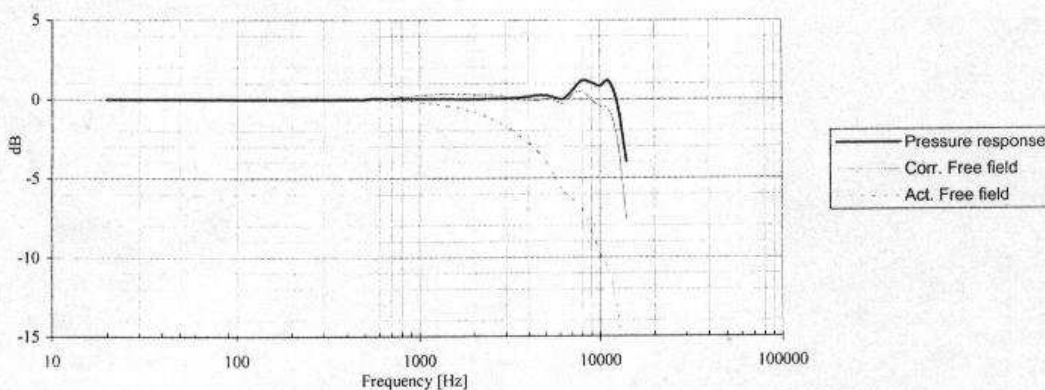
**Reference conditions:**

Temperature : 23 Celcius

Relative humidity : 50%

Barometric pressure : 101.3 kPa

The stated sensitivity is for the specific combination of microphone and preamplifier, and gives the output from the preamplifier in V for a 1Pa input signal to the microphone. The frequency response is recorded by electrostatic actuator. "Pressure response" is the response recorded with 12HF in pressure mode. "Corr. Free field" is the corrected free field response with the 12HF in the free field mode. The lower curve "Act. Free field" is the actuator response in the Free field mode. (See back for more information)



### G.R.A.S.

Sound & Vibration

Calibration data for  
Low-noise Measuring System  
Type 40HF

**G.R.A.S.**  
Sound & Vibration

G.R.A.S. Sound & Vibration aps  
Staktoften 22 D  
DK-2550 Vedbæk, Denmark  
Tel: +45 45 66 40 46  
Fax: +45 45 66 40 47

### 40HF Low-noise Measuring System

The 40HF is a special system for measuring very low sound pressure levels. The system consists of a special low noise 1" precision microphone and a special Preamplifier matched to the microphone.

The special microphone and preamplifier requires a special power supply like the 12HF.

### Specifications

Nominal Sensitivity :	
at 250Hz	1.10 V/Pa
Frequency Response:	
±2 dB	10 Hz-10 kHz
±1 dB	12.5 Hz-4 kHz
+2, -3 dB	6 Hz-12.5 kHz
Polarization Voltage:	
	200V
Upper Limit of Dynamic Range:	
3% Distortion	110 dB re. 20μPa
1	
Lower Limit of Dynamic Range:	
Thermal noise	-2 dBA re. 20μPa
Nominal Cartridge Capacitance:	
Polarized	46 pF
Temperature Range:	
	-20 to +60°C

#### 4 Accessories Available continued

##### Cases & Boxes

DAK4060 Accessory Kit for Miniature Microphones

##### Tools & Service Kits

DUA6010 Drop Stopper, White, 10pcs.

DUA6011 Drop Stopper, Black, 10pcs.

DOA0035 Tool for MicroDot

#### 5 Specifications

**Cartridge type:** Pre-polarized condenser element with vertical diaphragm

**Principle of operation:** Pressure

**Power Supply:** Via the Adapter System from DPA Microphones

##### Frequency response:

**Short grid:** 20Hz-20kHz  $\pm 2$ dB,  
3dB soft boost at 8-20 kHz

**Long grid:** 20Hz-20kHz  $\pm 2$ dB,  
10dB boost at 12 kHz

**Directional characteristics:** Omnidirectional

##### Sensitivity:

4060: Nominally 20mV/Pa  $\pm 3$ dB at 1kHz

4061: Nominally 6 mV/Pa  $\pm 3$ dB at 1kHz

4062: Nominally 1 mV/Pa  $\pm 3$ dB at 1kHz

4065: Nominally 6 mV/Pa  $\pm 3$ dB at 1kHz

##### Equivalent noise level A-weighted:

4060: Typ. 23dB(A) re. 20 $\mu$ Pa (max. 26dB(A))

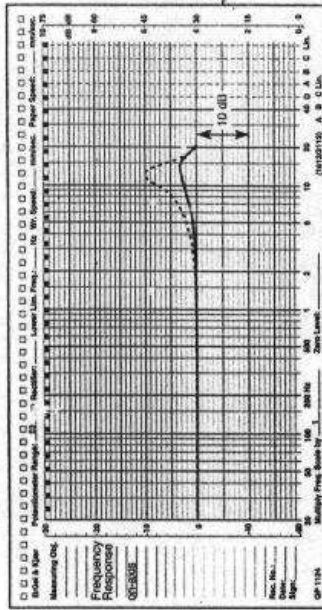
4061: Typ. 26dB(A) re. 20 $\mu$ Pa (max. 28dB(A))

4062: Typ. 33dB(A) re. 20 $\mu$ Pa (max. 37dB(A))

4065: Typ. 26dB(A) re. 20 $\mu$ Pa (max. 28dB(A))

#### 6 Frequency responses

On-axis frequency response of Miniature Microphones. Please notice that Type 4065 only utilizes the low boost frequency response.



A Short protection grid —  
B Long protection grid ----



#### 7 Warranty

All products from DPA Microphones are covered by a limited warranty on both their mechanical functionality and their documented specifications. We are so confident of the quality of these products, that this warranty is valid for one year from the date of purchase, as long as the items are not mistreated or abused. In case of a warranty claim, your invoice is your warranty registration.

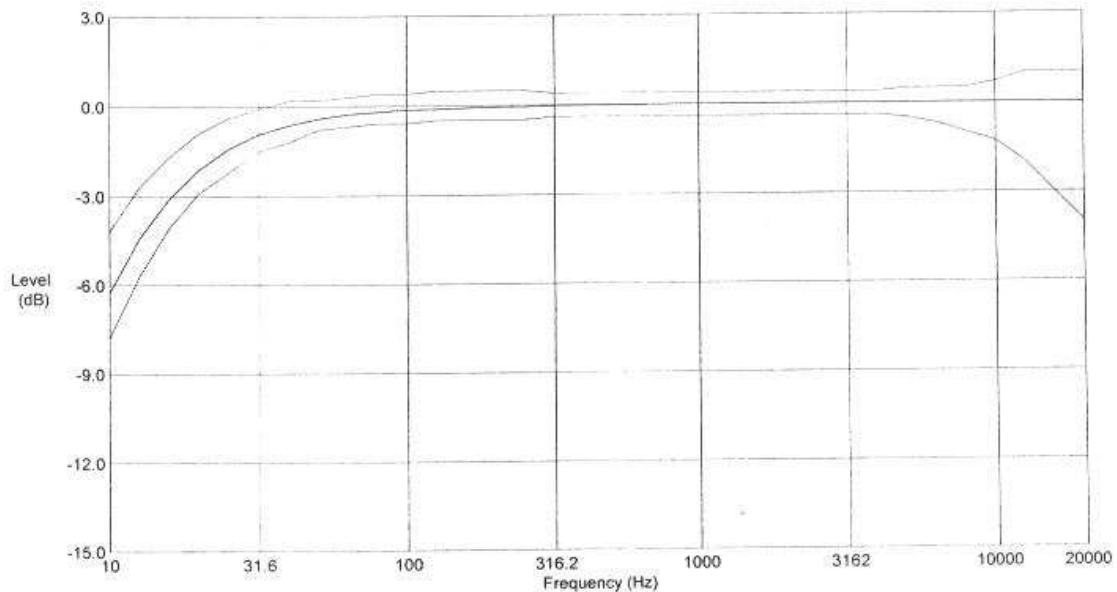
#### 8 CE Standard

The CE-mark guarantees all products conform with relevant standards approved by the European Community. The products described in this User's Manual comply with current relevant standards when used with cables from DPA Microphones. EMC Directive: 89/336/EEC, amended by 92/31/EEC and 93/68/EEC Low Voltage Directive: 73/23/EEC, amended by 93/68/EEC



# **Sound Level Meter Model: 824 Serial Number: A0334** **Certificate of Flat-Weight Electrical Conformance**

This Type 1 Sound Level Meter (including attached PRM902 preamplifier and ADP005 18 pF input adapter) was calibrated with a reference 1kHz sine wave at a level of 114.0 dB SPL. The instrument's Flat-weighted response was then electrically tested using a 0.5 volt RMS sinewave at exact frequencies as specified in IEC 651-1979 and ANSI S1.4-1983.



Freq (Hz)	Theor	Measured	Error	LD Tolerance	Freq (Hz)	Theor	Measured	Error	LD Tolerance
10.00	-6.0	-6.27	-0.27	+1.8, -1.8	501.20	0.0	-0.03	-0.03	+0.4, -0.4
12.59	-4.2	-4.45	-0.25	+1.5, -1.5	631.00	0.0	-0.02	-0.02	+0.4, -0.4
15.85	-2.9	-3.12	-0.22	+1.2, -1.2	794.30	0.0	0.00	0.00	+0.4, -0.4
19.95	-1.9	-2.12	-0.22	+1.0, -1.0	1000.00	0.0	0.00	0.00	+0.4, -0.4
25.12	-1.3	-1.42	-0.12	+0.9, -0.9	1259.00	0.0	0.00	0.00	+0.4, -0.4
31.62	-0.8	-0.94	-0.14	+0.7, -0.7	1585.00	0.0	0.00	0.00	+0.4, -0.4
39.81	-0.5	-0.65	-0.15	+0.7, -0.7	1995.00	0.0	0.00	0.00	+0.4, -0.4
50.12	-0.3	-0.43	-0.13	+0.5, -0.5	2512.00	0.0	0.00	0.00	+0.4, -0.4
63.10	-0.2	-0.29	-0.09	+0.5, -0.5	3162.00	0.0	0.00	0.00	+0.4, -0.4
79.43	-0.1	-0.21	-0.11	+0.5, -0.5	3981.00	0.0	0.00	0.00	+0.4, -0.4
100.00	-0.1	-0.15	-0.05	+0.5, -0.5	5012.00	0.0	0.00	0.00	+0.5, -0.5
125.00	0.0	-0.12	-0.12	+0.5, -0.5	6310.00	0.0	0.00	0.00	+0.5, -0.7
158.50	0.0	-0.09	-0.09	+0.5, -0.5	7943.00	0.0	0.00	0.00	+0.5, -1.0
199.50	0.0	-0.06	-0.06	+0.5, -0.5	10000.00	0.0	0.00	0.00	+0.7, -1.3
251.20	0.0	-0.06	-0.06	+0.5, -0.5	12590.00	0.0	0.00	0.00	+1.0, -2.0
316.20	0.0	-0.03	-0.03	+0.4, -0.4	15850.00	0.0	0.00	0.00	+1.0, -3.0
398.10	0.0	-0.03	-0.03	+0.4, -0.4	19950.00	0.0	-0.03	-0.03	+1.0, -4.0

This instrument is in compliance with IEC 651-1979 6.1 and 9.2.2, ANSI S1.4-1983 5.1 and 8.2.1, and IEC 804-1985 5.1 for Type 1 sound level meters when used with a Larson-Davis Type 1 microphone.

Technician: Sean Childs      Test Date: Feb 02, 1999



# Sound Calibrator Certificate

**Calibrator : GRAS Type 42AB**

**Serial no : 30002**

**Level : 114,01 dB**

**Frequency : 1000,00 Hz**

The stated level is valid at measurement conditions.  
Calibrator signal distortion: 0,29 %  
Short term level stability : 0,07 dB

Measured according to IEC 60942.  
The stated level is relative to 20µPa.  
The level is traceable to PTB, Germany,  
with a calculated uncertainty less than 0,09 dB (2×sd).

**G.R.A.S. Sound & Vibration**

Staktøften 22D, 2950 Vedbæk, Denmark  
+45 45 66 40 46 [www.gras.dk](http://www.gras.dk)

**Reference conditions:**

Pressure : 101,325 kPa  
Temperature : 23,0 °C  
Relative humidity : 50 %RH

**Measurement conditions :**

Pressure : 98,57 kPa  
Temperature : 25,1 °C  
Relative humidity : 51 % RH

**Date : 2003-08-18**

**Signature : E. Hørch**

set values that directly relate to the gain in decibels needed to keep these instruments in calibration, and these offsets can serve as a calibration history.

### Battery Replacement

One 9 V battery will last for approximately 70 hr and will provide approximately 4200 calibrations. As the battery becomes weaker, the calibration tone will not deteriorate, but the operating time will decrease until the time is too short to accomplish an adequate calibration. At this time, the battery should be replaced.

The battery compartment is accessed by unscrewing the bottom cover. Replace the used battery with a fresh 9 V alkaline battery.

### Environmental Precautions

While the CA250 will perform normally under a variety of gradually changing environmental conditions, some precautions should be taken when sudden changes occur:

1. The temperature of the CA250 should be stable. If the temperature changes suddenly, provide a stabilization time of 15 min. This will ensure that the temperature compensation sensors are at the same temperature as the rest of the unit.
2. While humidity will not affect the CA250, avoid condensing moisture. Also avoid environments over 90% relative humidity because the microphone may be affected. If this is not possible, calibration should be rechecked in better conditions.
3. The CA250 is insensitive to magnetic fields; however, the instrument being tested may not be. Therefore, calibration should not be done near motors, dynamos, high voltage wires, or other sources of electromagnetic fields.

### Calibrator Calibration

The American National Standards Institute says, "An acoustical calibrator should be recalibrated at least annually by the instrument manufacturer or an acoustical test laboratory qualified to perform calibration." (American National Standards Institute, Specifications for Acoustical Calibrators, ANSI S1.40, 1984, par. 5.2.)

LARSON•DAVIS believes the frequency of recalibration depends on the number of calibrators being used and the number of instruments being calibrated. With this in mind, the following guidelines are presented for your consideration:

1. For one calibrator and one measurement instrument, the CA250 should be certified at least

yearly, and even more often would not be unreasonable.

If a systematic drift of several dB occurs, there is no reliable way to verify which instrument is at fault, even though it is more likely to be the measurement instrument. We recommend that at a minimum, the CA250 be checked against another calibrator at this time. Sending the calibrator back to the factory might be the inexpensive approach as recertification is only \$60.

2. For one calibrator and several measurement instruments, one calibration a year is recommended. But if no systematic drift occurs, every two years might be satisfactory.

If the CA250 is being used to calibrate several instruments, then the history of calibration adjustments can usually pinpoint which instrument is drifting. If all the measurement instruments are drifting in the same direction by an amount you consider significant, the CA250 should be recertified.

3. For several calibrators and several instruments, one calibration a year is recommended.

If several instruments and several calibrators are in use, then the history of calibration adjustments would precisely pinpoint any problem pieces of equipment. Furthermore, it is probably satisfactory to recalibrate only one of the calibrators each year.

### SPECIFICATIONS

Sound Pressure Level	114.0 dB (ref. 20 $\mu$ Pa)
Frequency	250 Hz $\pm$ 0.5 Hz
Accuracy	$\pm$ 0.2 dB, 25 $^{\circ}$ C (77 $^{\circ}$ F), 1013 mbar $\pm$ 0.3 dB, 0 to 50 $^{\circ}$ C (32 to 122 $^{\circ}$ F)
Distortion	< 1%
Stability	$\pm$ 0.1 dB/yr
Effect of Barometric Pressure	$\pm$ 0.03 dB/100 mbar (400 to 1100 mbar)
Microphone Compatibility	$\frac{1}{8}$ , $\frac{1}{4}$ , $\frac{3}{8}$ , $\frac{1}{2}$ , and 1 in (with adapters)
Battery	9 V NEDA 1604 (70 hr)
Dimensions	Length 120 mm (4.8 in) Diameter 44 mm (1.75 in)
Weight	255 gm (9 oz)
Accessories	$\frac{1}{2}$ in mic adapter ( $\frac{1}{8}$ , $\frac{1}{4}$ , $\frac{3}{8}$ in optional) Storage case 9 V battery NIST conformance certificate



**Larson-Davis CAL250 Acoustic Calibrator, SN: 3046**  
**Certificate of Measured Output Level: 114.01 dB SPL**

**Acoustic Calibrator**

Model: Larson-Davis CAL250  
Serial Number: 3046  
Nominal Level: 114.0 dB SPL  
Measured Level: **114.01** dB SPL  
Nominal Frequency: **250.00** Hz  
Measured Frequency: **249.98** Hz  
Expanded Uncertainty: 0.11 dB at 99% confidence level.

**Reference Microphone**

Model: LD 2559  
Serial Number: 2506  
Sensitivity: 12.325 mv/Pascal  
Uncertainty: 0.09 dB at 99% confidence level.

**Environmental Conditions**

Temperature: 24.6 degrees centigrade  
Relative Humidity: 25.4%  
Pressure: 1013.8 mbar

The data is acquired by the insert voltage calibration method using a reference microphone's open circuit sensitivity.

Scott Montgomery

*Scott Montgomery*  
Larson-Davis Model 9700 ES Microphone Calibration System

Dec 04, 1998

# Certificate of Calibration and Conformance

Certificate Number 1998-17538

Instrument Model CAL250, Serial Number 3046, was calibrated on 12-04-1998. The instrument meets factory specifications according to Larson • Davis Test Procedure TP-1002, ISO 10012.

## New Instrument

Date Calibrated: 12-04-1998

Calibration due: 02-04-2000

## Calibration Standards Used

MANUFACTURER	MODEL	SERIAL NUMBER	INTERVAL	CAL. DUE	TRACEABILITY NO.
Larson • Davis	915	0102	12 Months	01/12/1999	0112963
Larson • Davis	MTS100 / 2201	1000 / 0100	12 Months	01/12/1999	0112961
Larson • Davis	2900	0575	12 Months	07/16/1999	1998-15236
Larson-Davis	2559	2506	12 Months	09/30/1999	7291
Hewlett Packard	34401A	3146A62099	12 Months	10/06/1999	1136A05

Certified Reference Standards are traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST)

## Calibration Environmental Conditions

Temperature: 23 ° Centigrade

Relative Humidity: 26 %

## Affirmations

This Certificate attests that this instrument has been calibrated under the stated conditions with Measurement and Test Equipment (M&TE) Standards traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST). All of the Measurement Standards have been calibrated to their manufacturers' specified accuracy / uncertainty. Evidence of traceability and accuracy is on file at Larson • Davis Corporate Headquarters. An acceptable accuracy ratio between the Standard(s) and the item calibrated has been maintained. This instrument meets or exceeds the manufacturer's published specification unless noted.

This calibration complies with ISO 10012. The collective uncertainty of the Measurement Standard used does not exceed 25% of the applicable tolerance for each characteristic calibrated unless otherwise noted.

Due to state-of-the-art limitations, 4:1 calibration ratios are not possible on pressure measurement standards, microphones and acoustic calibrators. Calibration ratios for these types of devices are limited to 1:1.

The results documented in this certificate relate only to the item(s) calibrated or tested. Calibration interval assignment and adjustment are the responsibility of the end user. This certificate may not be reproduced, except in full, without the written approval of Larson • Davis Laboratories.

Technician: Scott Montgomery  
Service Center: Larson • Davis Laboratories, Utah

Signed:




LARSON • DAVIS LABORATORIES

1681 West 620 North • Provo, Utah 84601 • Phone (801) 375-0177